

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

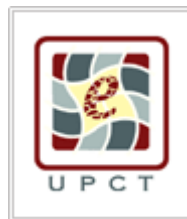
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EMPRESA**

**MASTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**



**MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN TRABAJOS CON  
ENCOFRADOS HORIZONTALES EN ESTRUCTURAS  
DE HORMIGÓN EN EDIFICACIÓN.**



Alumno: Francisco Baños Gil.  
Director: Julián Pérez Navarro.

Cartagena. Septiembre 2.013.



## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. Introducción.....</b>	<b>4</b>
1. Aproximación al Problema de Estudio.....	7
2. Diseño del Trabajo .....	10
Objetivo General.....	10
Objetivo Específico .....	10
3. Estructura de la Obra .....	11
4. Agradecimientos .....	11
<b>CAPÍTULO II. Metodología.....</b>	<b>12</b>
1. Introducción.....	13
2. Pasos a Seguir en la Realización del Trabajo .....	13
<b>CAPÍTULO III. Consideraciones Previas.....</b>	<b>16</b>
1. Introducción.....	17
2. Legislación de Referencia .....	18
3. Elementos Horizontales en una Estructura de Edificación. ....	21
3.1. En función de la Dirección de las Cargas .....	22
3.2. En función del Sistema de Fabricación o de Ejecución.....	29
4. Comentarios sobre el Capítulo .....	32
<b>CAPÍTULO IV. Sistemas de Encofrado Horizontal .....</b>	<b>32</b>
1. Introducción.....	33
2. Trabajos Generales en los Encofrados Horizontales .....	34
3. Cimbras y Apuntalamientos.....	38
3.1. Apeo con Puntales .....	39
3.2. Apeos con Cimbra.....	46
4. Sistemas de Encofrado Horizontal.....	58
4.1. Encofrados Tradicionales.....	59
4.2. Encofrados Industrializados.....	60
4.3. Mantenimiento y Almacenamiento.....	97
4.4. Marcado.....	98
5. Comentarios sobre el Capítulo .....	99

<b>CAPÍTULO V. Medidas de Protección Aplicables a Trabajos con Encofrados Horizontales .....</b>	<b>101</b>
1. Introducción.....	102
2. Medidas de Protección Colectiva .....	102
2.1. Sistemas Provisionales de Protección de Borde (Barandillas de Protección) .....	103
2.2. Redes de Seguridad .....	113
2.3. Redes Bajo Forjado .....	140
2.4. Andamio Perimetral de Protección de Componentes Prefabricados .....	147
2.5. Líneas de Vida o Anclaje .....	159
3. Medidas de Protección Individual .....	165
3.1. Sistemas Anticaídas .....	168
3.2. Sistemas Anticaídas de Perchas.....	180
3.3. Sistemas Anticaídas con Mástiles.....	183
3.4. Sistemas Anticaídas de Líneas de Vida y Bloque Retráctil Anticaídas en Pilares .....	186
4. Comentarios sobre el Capítulo .....	190
<b>CAPÍTULO VI. Conclusiones .....</b>	<b>193</b>
<b>CAPÍTULO VII. Fuentes Bibliográficas.....</b>	<b>201</b>



# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

La siniestralidad laboral es uno de los mayores problemas que asedian a la sociedad actualmente. Este problema provoca accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que en muchas ocasiones llevan a los trabajadores que los sufren a perder la vida o a tener secuelas tanto físicas como psíquicas difíciles de eliminar, algo por otro lado, difícil de comprender en una sociedad moderna. Además esta situación es un factor que influye negativamente en las empresas de un país o región y en el propio Estado, debido a los grandes costes económicos que supone.

Según los últimos datos anuales publicados por el Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la Región de Murcia (ISSL) referentes a la siniestralidad laboral durante el año 2012, los accidentes de trabajo con baja en jornada de trabajo en esta Comunidad Autónoma fueron de 11.418, siendo 11 los accidentes que costaron la vida al trabajador, a esta cantidad habría que sumarle la correspondiente a accidentes de trabajo con baja “in itinere” y a los que no ocasionaron baja, en total 35.511. Durante ese mismo periodo, según datos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), en el total del Estado se produjeron alrededor de cuatrocientos mil accidentes de trabajo con baja en jornada de trabajo, suponiendo 444 muertes.

Además de estos datos, está demostrado según indica un estudio realizado por María Pilar García Galindo del ISSL, que los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales producen unos costos económicos sobre las empresas y el Estado que en el año 2007 ascendieron a casi 400 millones de euros en la Región de Murcia, para un total de 57.118 accidentes de trabajo y 481 enfermedades profesionales. Estos costos provienen sobre todo de la productividad perdida, las jornadas no trabajadas, las sanciones de la Inspección de Trabajo, las prestaciones y asistencia sanitaria de las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales o las pensiones y los pagos que el Instituto Nacional de la Seguridad Social otorga por incapacidad o muerte. Todo ello, sin contar con los costes que se producen por la utilización de servicios públicos como servicios de emergencias sanitarias, servicios forenses y jurídicos, policía judicial, etc.

En este entorno caracterizado por el gran impacto que produce la siniestralidad laboral en toda la sociedad, es muy importante que todos los sectores productivos sean conscientes del problema que esto supone y consideren que los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales son sucesos evitables que se producen por las condiciones de trabajo y la inexistencia, en muchos casos, de medidas preventivas. Por ello, La evaluación de los riesgos, la

adopción de medidas de seguridad eficaces y un seguimiento riguroso son actividades esenciales para reducir las cifras de siniestralidad y por tanto los costos económicos.

El sector de la construcción no es ajeno a estos problemas, ya que es uno de los sectores donde más accidentes de trabajo se producen, de hecho es el sector con el índice de incidencia<sup>1</sup> más alto tanto a nivel autonómico como nacional. Por tanto, se puede decir que la construcción en proporción a sus trabajadores afiliados a la Seguridad Social, es el sector productivo donde mayor número de accidentes de trabajo se produce.

Dentro de este sector, es en la construcción de edificios donde más accidentes de trabajo se originan, afectando en una mayor proporción a los trabajadores cuya ocupación se centra en las obras estructurales. Es en esta fase de ejecución de un edificio, es decir en la construcción de la estructura y sobre todo la del montaje de los encofrados horizontales, donde más riesgos pueden existir para los trabajadores, debido a la falta de elementos propios del edificio que puedan ayudar a protegerlos de riesgos tales como las caídas de altura, considerado por la legislación en materia de prevención de riesgos laborales en la construcción, como uno de los riesgos especiales para la seguridad y salud de los trabajadores.

Por lo tanto, con este estudio se pretende que a la hora de acometer la ejecución de un proyecto de edificación, se conozcan desde su inicio las diferentes medidas de protección que es necesario adoptar para el montaje de un sistema de encofrado horizontal.

---

<sup>1</sup> Es el número de accidentes de trabajo por cada 100.000 trabajadores con las contingencias profesionales cubiertas. Permite relacionar el número de accidentes de trabajo con el número de trabajadores afiliados con las contingencias cubiertas, por lo que es un sistema más ajustado de seguimiento de la siniestralidad laboral que las cifras absolutas de accidentes de trabajo.

## 1. Aproximación al Problema de Estudio.

Volviendo a los datos estadísticos sobre siniestralidad en la Región de Murcia publicados por el ISSL, la ocupación con mayor proporción de accidentes de trabajo con baja, dentro del sector de la construcción, son los trabajadores en obras estructurales con el 39,16 %, seguidos de lejos por los trabajadores encargados de realizar los acabados e instalaciones (excepto electricistas), pintores y afines con un 17,39 %. Además también corresponde a los operarios que trabajan en la fase de estructuras, el número más alto de accidentes graves o mortales, siendo éste de 12 de un total de 18 en todo el sector de la construcción.

Por ello se hace necesario, por parte de todos los agentes implicados en el proceso constructivo (empresarios, trabajadores y técnicos especializados en materia preventiva), conocer todos los procedimientos y sistemas constructivos que son necesarios a la hora de realizar una estructura de edificación, de este modo se podrá tener un conocimiento más amplio de los riesgos que existen durante la realización de estos trabajos, para poder reducir los accidentes que se producen.

En edificación existen diversos materiales con los que se puede ejecutar una estructura, entre ellos están los tradicionalmente utilizados que son la madera, el acero y el hormigón armado. De todos ellos, el más utilizado y con el que se ejecuta la gran mayoría de estructuras actualmente en España, es el hormigón armado, por ello este trabajo girará en torno a este tipo de estructuras.

Para la ejecución de una estructura de hormigón armado se deben seguir una serie de procesos que comienzan por el replanteo de la estructura, un proyecto de cimbrado y apuntalamiento si es necesario, el montaje de los moldes y encofrados, la elaboración, armado y montaje de las barras de acero corrugado, la colocación de la ferralla<sup>2</sup> armada y los elementos prefabricados (si son necesarios según el tipo de estructura), en su lugar definitivo sobre el encofrado, la fabricación, suministro y puesta en obra del hormigón y el desencofrado y desmóldelo o descimbrado definitivo, una vez el hormigón ha endurecido.

Como se puede apreciar en esta escueta recopilación de procesos, son variados los trabajos necesarios para ejecutar una estructura de hormigón armado, entrañando diversos riesgos cada

---

<sup>2</sup> Denominación utilizada para referirse al conjunto de barras de acero ya elaboradas, que sirve para armar los elementos de hormigón de una estructura.

uno de ellos. De todos ellos, los trabajos relacionados con el montaje y desmontaje de los encofrados implican un riesgo especial, debido a que en la mayoría de ocasiones, estos trabajos se realizan a alturas considerables, debiendo de disponer de numerosas medidas de protección auxiliares, como consecuencia de la falta de elementos fijos en el edificio.

Un encofrado, en función del elemento estructural que se quiera ejecutar, puede ser horizontal, vertical o inclinado. Según la clasificación que hace Ricouard M. J. (1.980), los diferentes tipos de encofrado se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Encofrados para hormigón vertido en obra.
  - Encofrados Verticales.
  - Encofrados para hormigón de espesor considerable.
  - Encofrados Horizontales.
  - Encofrados Especiales.
- Encofrados para elementos prefabricados en obra.
  - Moldes horizontales para losas prefabricadas.
  - Moldes verticales para paredes delgadas.
  - Moldes especiales para formas especiales.

Dentro de esta clasificación los encofrados que mayor riesgo entrañan para los trabajadores dentro de las obras de construcción de edificios se puede decir que son los encofrados horizontales, ya que no solo tiene peligro la ejecución del elemento constructivo sino también el montaje de este elemento auxiliar, necesario para ejecutar el edificio.

Por otra parte, dentro de la prevención de riesgos laborales y específicamente la seguridad en el trabajo existen un conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto eliminar o disminuir el riesgo de que se produzcan accidentes o eliminar o reducir las consecuencias de los mismos. Estos métodos empleados en seguridad se pueden dividir en técnicas analíticas de seguridad, encargadas de identificar y evaluar el riesgo o técnicas operativas de seguridad cuya función fundamental es controlar el riesgo, disminuyendo las causas que lo originan y dirigiendo su acción tanto a los aspectos técnicos y organizativos del trabajo, como al propio trabajador. Dentro de estas últimas se pueden encontrar las siguientes técnicas operativas:

- Prevención: Elimina o disminuye el riesgo en origen.
- Protección: Elimina o minimiza las consecuencias del riesgo.
- Normalización: Regula el comportamiento humano seguro.
- Señalización: Informa, advierte, prohíbe, etc.
- Selección del Personal: Elige la persona adecuada a la tarea a realizar.
- Formación e Información: Necesaria para asegurar otras técnicas.

Aunque las medidas de prevención son siempre más efectivas que las de protección, estas últimas deben ser tenidas en cuenta, ya que en cualquier obra de construcción de edificios siempre es imprescindible su utilización, siendo por lo tanto necesario el conocimiento de su existencia y su correcta forma de uso.

En este punto es necesario tener en cuenta que los requisitos específicos de las disposiciones de obligado cumplimiento en materia de medidas de protección, tienen un carácter general y cuentan con una indefinición tanto desde el punto de vista de especificaciones de producto o de instalación de los mismos.

Existe una falta de información y formación sobre las especificaciones mínima, requisitos técnicos, condiciones de utilización y de instalación, que deben cumplir estos productos, de acuerdo con las exigencias específicas de las normas técnicas nacionales, europeas e internacionales de aplicación, como en los manuales de producto.

La selección e instalaciones en las obras de construcción son bajo criterios económicos, los sistemas o equipos no se adaptan a la tipología de obra y proceso constructivo particular, no se invierte en la aplicación de nuevos sistemas acordes con la evolución de la técnica, los sistemas se reutilizan sin garantizar los niveles mínimos de resistencia o la deficiente información y descripción en los Estudios y Planes de Seguridad y Salud en la que no se indican por ejemplo los procedimientos para el montaje seguro o medidas preventivas alternativas con el mismo nivel de eficacia durante las operaciones de desmontaje de los equipos de protección colectiva.

Además en muchas ocasiones los productos no vienen acompañados de la documentación técnica obligatoria (manual de instrucciones, fichas técnicas, etc), o el contenido de ésta es insuficiente, sin que se contemplen los criterios técnicos y de instalación de estos productos, como forma de garantizar unas condiciones de utilización con el nivel de seguridad requerido.

Todo esto unido a que el incumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales, que cree un riesgo grave para la integridad física o la salud de los trabajadores afectados en materia de medidas de protección colectiva o individual supondrá una infracción grave, como así indica el real Decreto Legislativo 5/2000, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

Por lo tanto, por todo lo expuesto hasta el momento, este proyecto se va a centrar en el estudio de las medidas de protección a emplear durante los trabajos de encofrado de los elementos estructurales horizontales, que son aquellos en los que las tensiones fundamentales corresponden al peso propio del hormigón.

## **2. Diseño del Trabajo.**

Este estudio se centrará en el sector de la construcción de edificios. De esta forma el presente trabajo debe contribuir a que el sector se adapte a las inquietudes que tiene el resto de la sociedad, contribuyendo de este modo a conseguir que se reduzcan los accidentes laborales.

Por lo tanto el objetivo general de este proyecto es lograr:

**Reducir o eliminar los riesgos de accidentes de trabajo en el sector de la construcción, mediante la aplicación de medidas de protección durante la realización de obras estructurales.**

Para poder conseguir este objetivo general, el presente estudio tendrá como objetivo específico conseguir:

**Identificar las medidas de protección más adecuadas a aplicar durante los trabajos de montaje y desmontaje de los encofrados horizontales, en las estructuras de hormigón armado en edificación para eliminar o disminuir el riesgo de caída de altura.**

Para conseguir este propósito, se estudiarán las características generales con la que cuentan los encofrados horizontales, para ello el estudio comenzará por conocer los diferentes tipos de elementos horizontales que habitualmente se puede encontrar en una estructura de hormigón armado, de esta forma se tendrán los conocimientos suficientes para determinar inicialmente, si

el sistema de encofrado que se utilizará será el más adecuado en función del elemento estructural.

Se analizarán igualmente los sistemas de cimbrado y apuntalamiento que serán muy importantes para evitar el colapso o desplome de los encofrados y a continuación se estudiarán los diferentes sistemas de encofrado horizontal que se pueden encontrar en el mercado en la actualidad, prestando atención al mantenimiento que se ha de realizar a todos estos elementos.

Para concluir el estudio se realizará una identificación de las medidas de protecciones tanto colectivas como individuales que se pueden encontrar actualmente para realizar, con la mayor garantía posible de seguridad para los trabajadores, el montaje de encofrados horizontales para estructuras de hormigón armado en edificación.

### **3. Estructura de la Obra.**

En el capítulo I, se presentó una aproximación al problema, en el capítulo II se dará cuenta de la metodología utilizada para la elaboración del proyecto, en el capítulo III se expondrán las consideraciones previas que se han de conocer sobre la legislación que afecta a los trabajos con encofrados horizontales y las clases más comunes de estructuras horizontales (forjados) que se pueden encontrar en la ejecución de un edificio. En el capítulo IV se definirán los sistemas de encofrado horizontal más comunes en el mercado, que servirá de base para la realización del trabajo, en el capítulo V se desarrolla el trabajo con las medidas de protección a utilizar en el montaje de los encofrados horizontales.

En el capítulo VI se sintetizarán las conclusiones que se obtienen del trabajo realizado y finalmente en el capítulo VII se indicará la bibliografía en donde aparecerán las obras consultadas y otras de apoyo.

### **4. Agradecimientos.**

Agradezco al profesor D. Julián Pérez Navarro, del departamento de arquitectura y tecnología de la edificación de la Universidad de Politécnica de Cartagena, la ayuda prestada para conseguir realizar este trabajo.



# **CAPÍTULO II**

## **METODOLOGÍA**

## **1. Introducción.**

El presente proyecto trata de estudiar las medidas de protección que se pueden adoptar durante los trabajos de encofrado de elementos estructurales horizontales en edificación para eliminar o disminuir los riesgos de caída de altura. Para que el lector tenga una visión general de las características de este tipo de elementos tan habitualmente utilizados en el sector de la construcción se comenzará por definir los elementos estructurales horizontales más habituales, asimismo se definirán los apeos que tienen que tener estos elementos durante su elaboración, terminando con los sistemas de encofrado más habitualmente utilizados.

Posteriormente se definirán todas las medidas de protección, tanto colectivas como individuales que se pueden emplear durante el encofrado de los elementos horizontales, para ello se analizará la normativa que les es de aplicación detallando los procedimientos de montaje y desmontaje que se deben realizar con cada sistema.

Una vez se han definido todos los elementos que integran un encofrado y sus medidas de protección se reflejarán las conclusiones obtenidas.

## **2. Pasos a Seguir en la Realización del Trabajo.**

Para poder conseguir los objetivos marcados por el presente trabajo se van a seguir los siguientes pasos; en primer lugar se va a analizar la legislación que afecta a los encofrados y además la que esté relacionada con la Seguridad y Salud Laboral que afecta a los trabajos que se especifican en este documento. Posteriormente se estudiarán las características más importantes con las que cuenta un encofrado horizontal, entre ellas se analizarán los elementos horizontales más habitualmente utilizados en edificación, es decir se hará un repaso de los forjados unidireccionales, bidireccionales y losas macizas diferenciando los que se realizan in situ y los que utilizan elementos prefabricados en su ejecución. Esta relación se lleva a cabo ya que puede ser diferente el encofrado utilizado en la realización de un forjado in situ y en uno con elementos prefabricados. De este análisis se debe obtener los tipos de forjado que entrañan un menor riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.

Posteriormente se describirán los elementos que sirven de sujeción al encofrado, diferenciando entre lo que se ha dado por llamar apeo con puntales y el apeo con cimbra, utilizados estos últimos sobre todo para alturas y cargas superiores a las utilizadas con los primeros y en los que se deben utilizar medidas de protección más importantes que con los puntales. Para terminar con este capítulo se analizarán los diferentes tipos de encofrados que se pueden encontrar en el mercado diferenciando entre los encofrados tradicionales y los industrializados.

Este capítulo que trata sobre los diferentes sistemas de encofrado se centrará en definir los elementos que forman parte de estos moldes y se describirán sus procesos de montaje y desmontaje prestando especial atención a los puntos clave de seguridad. De este modo se podrá obtener la fase de trabajo en la que existe riesgo de caída de altura y por lo tanto el momento en el que se debe utilizar un elemento de protección colectiva o individual.

Para la descripción de estos sistemas de encofrado y de apeo y las fases necesarias para su montaje y desmontaje, se obtendrá información de los catálogos de algunas de las empresas dedicadas a la fabricación y puesta en obra de encofrados para estructura de edificación, siendo estas empresas ULMA C y E, S. Coop., PERI S.A.U España, Doka España Encofrados S.A, RMD Kwikform Ibérica S.A., encofrados J. Alsina S.A. y MEVA Schalungs-Systeme GmbH.

Una vez definidos los sistemas de encofrado y los apeos, se describirán los elementos de protección aplicables a los trabajos de encofrado horizontales relacionados directamente con la eliminación o disminución del riesgo de caída de altura, ya que estas medidas están directamente enfocadas a combatir este tipo de riesgo. Estos elementos estarán divididos en los que se consideran medidas de protección colectiva e individual. Dentro de los primeros se encuentran los sistemas provisionales de protección de borde o barandillas de seguridad, las redes de seguridad diferenciando los diferentes sistemas tipo V (red tipo horca), tipo T (red de bandeja) y tipo U. También entre estos sistemas colectivos se encuentran las redes bajo forjado, los andamios perimetrales utilizados como protección de borde y las líneas de vida o anclaje para más de un trabajador.

Por lo que respecta a las protecciones individuales, se estudiarán los sistemas anticaídas diferenciando todos los componentes que se pueden utilizar durante los trabajos que se

especifican en este documento, los sistemas anticaídas de perchas, los sistemas anticaídas con mástiles y los sistemas anticaídas de líneas de vida y bloque retráctil.

La descripción de estos sistemas consistirá en una explicación de los elementos que integran estos componentes atendiendo a la normativa que le es de aplicación, analizando a continuación los procedimientos de montaje y desmontaje que se deben seguir a la hora de colocar estas medidas a pie de obra, teniendo un especial cuidado con las medidas de seguridad que se tienen que emplear durante estos trabajos.

También se indicará el mantenimiento y almacenamiento que deben tener estos productos y el marcado que deben llevar cuando lleguen a las obras de construcción.

Una vez se han analizado todos los elementos que existen durante los trabajos de encofrado de un forjado horizontal se determinará el sistema de protección que sería más conveniente utilizar en estos trabajos, mediante la exposición de las conclusiones.

## **CAPÍTULO III**

### **CONSIDERACIONES PREVIAS**

## 1. Introducción.

En este capítulo se van a especificar las consideraciones previas que son necesarias conocer antes de pasar a explicar los diferentes tipos de encofrados horizontales en edificación y sus sistemas de protección contra los riesgos de caída de altura. Para ello se tienen que conocer previamente que es un encofrado horizontal y para que se utiliza. Por esta razón se comenzará por analizar la legislación vigente en la que se ven afectados los encofrados, incluyendo la legislación en materia de prevención de riesgos laborales que está directamente relacionada con estos trabajos.

Posteriormente y teniendo en cuenta que un encofrado horizontal fundamentalmente está diseñado como sistema de molde para las estructuras horizontales, es decir forjados, será necesario realizar una pequeña introducción sobre las estructuras más habituales que se pueden encontrar en cualquier obra de edificación. Para llevarla a cabo y atendiendo a las distintas clasificaciones que pueden existir de estos elementos constructivos y para que el lector de este trabajo, aun sin ser especialista en estructuras tenga un conocimiento más amplio sobre estos elementos, se definirán los forjados en función de la dirección de sus cargas y en función del sistema de fabricación o ejecución.

Aunque ambas clasificaciones contendrán los mismos tipos de forjados el lector podrá ver de una forma más amplia cómo funcionan éstos y como llegan al centro de trabajo, de este modo será más sencillo tomar la decisión apropiada. Esta descripción sobre los diferentes tipos de forjados que pueden existir en edificación es muy importante para conocer los sistemas de encofrados más apropiados a utilizar y sus medidas de protección.

Tras este análisis de la legislación y los diferentes tipos de forjados que se pueden encontrar en edificación se concluirá con la obtención de los forjados sobre los que se necesitarán tomar medidas de protección contra los riesgos de caída de altura, durante los trabajos de encofrado, ya que como se verá a continuación, existen variedades de estas estructuras horizontales que no necesitan disponer de estos moldes para su ejecución.

## 2. Legislación de Referencia.

La legislación existente en España relacionada con la formación de encofrados se encuentra localizada fundamentalmente en el Real Decreto 1.247/2.008 de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructura (EHE-08), donde se hace referencia a este tipo de trabajos en los capítulos dedicados a la ejecución y al control de las estructuras de hormigón. No obstante siguen estando vigentes las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), aprobadas por el Decreto 3.565/1.972 y aunque no son consideradas normas de obligado cumplimiento, ya que pueden adoptarse otras reglas y condiciones que cumplan igualmente las disposiciones básicas, pueden considerarse soluciones técnicas recomendables. Entre todas estas familias de normas, se encuentra aprobada por la Orden del Ministerio de Vivienda de 27 de septiembre de 1975, la Norma Tecnológica de la Edificación, Estructuras de Madera: Encofrados (NTE-EME/1975) donde hace referencia a su ámbito de aplicación, siendo este los *“cofres y cimbras de madera para realizar en obra elementos de hormigón en masa o armado, de directriz recta y sección constante”*.

Como bien explica su ámbito de aplicación esta norma está enfocada fundamentalmente a los encofrados realizados totalmente de madera, cosa que es poco habitual en la actualidad, por lo tanto posiblemente muchos aspectos de esta normativa estén desfasados por el tiempo y los materiales utilizados en la actualidad, aunque siguen siendo muy útiles criterios relacionados con el diseño, cálculo, construcción, incluidas las condiciones de seguridad en el trabajo y control de la ejecución.

Con estos dos apuntes se termina con la legislación que se puede encontrar referente a la formación de encofrados, el resto de normativa a mencionar está directamente relacionada con la seguridad e higiene en el trabajo, siendo la Ley 31/1.995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales su máximo exponente.

La normativa sobre prevención de riesgos laborales es muy amplia y para que este apartado del trabajo no se convierta en una mera enumeración de normativa relacionada con la seguridad laboral, únicamente se mencionará la legislación que está directamente relacionada con la ejecución de encofrados y sus medidas de protección.

Así pues es necesario comenzar mencionando el Real Decreto 1.627/1.997, de 24 de octubre, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción. En el Anexo II se da la relación no exhaustiva de los trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores siendo la **caída de altura** uno de ellos. Los riesgos especiales son definidos en el artículo 2 de esta norma como los *“trabajos cuya realización exponga a los trabajadores a riesgos de especial gravedad para su seguridad y salud....”*. Evidentemente los operarios que trabajan en encofrados, se encuentran expuestos a estos riesgos.

En esta misma normativa, también se hace referencia en el anexo IV a una serie de requisitos generales con respecto a las caídas de altura: Como se ve en el texto extraído de la vigente legislación, se considera que existe riesgo de caída de altura cuando el operario se encuentra realizando trabajos a más de 2 metros de altura, siendo necesario la existencia de protecciones colectivas.

*“Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores”.*

*“Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente”.*

Este último párrafo del anexo IV del Real Decreto 1.627/1.997 viene a coincidir plenamente con lo que la misma Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales expone a este respecto, en su artículo 15 que uno de los principios generales de la acción preventiva es *“adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual”*. Así mismo, en el artículo 17 sobre equipos de trabajo y medios de protección indica que *“los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos*



*de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo”.*

El Real decreto 1.215/1.997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo y el Real Decreto 2.177/2.004, de 12 de noviembre, que lo modifica en materia de trabajos temporales en altura. Define en su primera disposición a los equipos de trabajo como *“cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo”*, también se definen las zonas peligrosas como *“cualquier zona situada en el interior o alrededor de un equipo de trabajo en la que la presencia de un trabajador expuesto entrañe un riesgo para su seguridad o para su salud”*. Por lo tanto no cabe duda de considerar un encofrado como un equipo de trabajo utilizado en la construcción de estructuras de hormigón. En la segunda disposición se habla sobre la utilización de los equipos de trabajo para la realización de trabajos temporales en altura, especificando entre otros la utilización de escaleras de mano y andamios, medios auxiliares, ambos empleados en el montaje de encofrados.

El Real Decreto 486/1.997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, definidos éstos como *“las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo”*. Por supuesto, cualquier montaje de un encofrado que se realice en una obra de construcción de un edificio se localiza en un centro de trabajo.

En cuanto a los medios de protección se encuentra el Real Decreto 773/1.997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (EPI), quedando definidos como *“cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”*. En esta normativa también se especifica cuando deben ser utilizados estos equipos de protección, siendo fundamentalmente *“cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo”*. Por otro lado, el Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre y sus modificaciones posteriores, hacen referencia a las condiciones que tienen que cumplir los equipos de protección individual para resultar intrínsecamente seguros y poder así ser comercializados. En esta misma normativa

se establece una clasificación de los EPI en tres categorías, en función de la magnitud del riesgo que tienen que proteger y para el cual han sido diseñados.

Otras disposiciones legales en este tipo de trabajos son el Real Decreto 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo o el Real Decreto 487/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

Cabe destacar también la Resolución de 28 de febrero de 2012, de la Dirección General de Empleo, por la que se registra y publica el V Convenio Colectivo del Sector de la Construcción, cuyas disposiciones tienen naturaleza normativa y eficacia general, por lo que obligan a todas las asociaciones y entidades comprendidas dentro de sus ámbitos funcionales, personales y territoriales. El libro segundo de este texto está dedicado íntegramente a los aspectos relativos a la seguridad y salud en el sector de la construcción, especificándose en el título IV las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables en las obras de construcción, encontrándose entre ellas las relativas a andamios, protecciones colectivas, escaleras de mano y otros equipos para trabajos temporales en altura.

Existen otra serie de documentos que pueden facilitar la utilización de determinados productos relacionados con la prevención de riesgos laborales durante los trabajos de montaje de encofrados, como son las normas UNE y UNE-EN o guías y notas técnicas de prevención, tanto del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT), como de otros organismos similares de ámbito autonómico o internacional. Debido al gran número de documentación que existe de este tipo, conforme se vaya desarrollando el presente trabajo se irán mencionando todos los textos relacionados con el tema que se trate en ese momento.

### **3. Elementos Horizontales en una Estructura de Hormigón en Edificación.**

Los elementos horizontales de una estructura de hormigón armado, están constituidos fundamentalmente por el forjado. Este es el elemento estructural que recibe directamente las cargas (peso propio y sobrecargas de uso) y las transmite a los restantes elementos de la estructura (vigas, pilares, muros, etc.) hasta que llegan a la cimentación donde se transmiten al terreno.

Por lo tanto, se puede afirmar que el forjado tiene una doble función, es el elemento resistente superficial, que enlaza las diferentes partes de una estructura, entre las que distribuye las cargas que recibe y además es el elemento que divide horizontalmente un edificio en distintas plantas. En ocasiones estos elementos se ejecutan inclinados para realizar la cubierta del edificio o para ejecutar los elementos de comunicación entre plantas (escaleras o rampas). Además de estas funciones estructurales también tiene otras características constructivas como son la de intervenir en el aislamiento térmico y acústico de los edificios o la de protección contra incendios.

Imagen 3.3.1. Estructura de Hormigón Armado.



Fuente: Elaboración Propia.

La clasificación de los forjados puede variar según las características a las que se dé prioridad, en este trabajo, al centrarse sobre las medidas de protección en su montaje, se van a tener en cuenta dos clasificaciones con las que se tendrá un conocimiento más amplio de estos elementos constructivos y el tipo de encofrado que debe aplicarse en su ejecución. Por lo tanto atendiendo a estas razones, los forjados se pueden clasificar según los siguientes aspectos:

- En función de la dirección de las cargas.
- En función del sistema de fabricación o ejecución.

### **3.1. En Función de la Dirección de las Cargas.**

Este apartado se divide en las distintas soluciones de forjado que existen, atendiendo a la forma que tienen de transmitir las cargas al resto de la estructura. De este modo se pueden encontrar forjados unidireccionales, forjados bidireccionales o reticulares y losas macizas.

### **3.1.1. Forjados Unidireccionales.**

Son elementos estructurales que transmiten las cargas a las vigas en una única dirección, están formados por elementos lineales resistentes, normalmente prefabricados (viguetas o semi-viguetas), dispuestos en una dirección. Las viguetas o semi-viguetas se apoyan sobre las vigas que a su vez se apoyan sobre los pilares haciendo que las cargas se vayan transmitiendo hacia la cimentación. El forjado se completa con las piezas de entrevigado (bovedillas) que se sitúan entre las viguetas, para terminar finalmente, con la colocación del acero ferrallado y el hormigonado. De este modo, cuando el hormigón ha adquirido la resistencia adecuada, se constituye un conjunto estable.

Tradicionalmente, el encofrado de este tipo de forjados se ha realizado parcialmente en planta, es decir, ha consistido en formar un tablero continuo únicamente en las zonas del forjado que quedaban macizadas con hormigón armado (vigas), asegurando la puesta en obra del resto de elementos del forjado mediante el apeo de las viguetas y dejando las zonas cubiertas por los elementos de entrevigado (bovedillas) sin entablar. Esto ha sido así, debido a que las viguetas al tratarse de un elemento prefabricado, además de su función estructural sirven como encofrado perdido. No obstante, actualmente se tiende a formar un tablero de planta completa, con el fin de proporcionar un mayor nivel de protección frente a los riesgos que ocasiona el modo tradicional. Se puede hacer una distinción, dentro de los forjados unidireccionales, según el tipo de viguetas que se utilice en su ejecución.

#### **3.1.1.1. Forjado Autorresistente:**

Son aquellos en los que las viguetas prefabricadas que se utilizan tienen capacidad portante antes del hormigonado, es decir, son capaces por si solas de resistir la totalidad de los esfuerzos a que habrá de estar sometido el forjado. En principio no sería necesario el apuntalamiento de este tipo de forjados, aunque siempre es conveniente colocar puntales durante la etapa constructiva para aportar mayor resistencia antes de que el conjunto trabaje como un único elemento.

Imagen 3.3.2. Forjado con bovedillas autorresistentes.



Fuente: Elaboración Propia.

### 3.1.1.2. Forjado Semirresistente:

Son aquellos en los que las viguetas o semi-viguetas utilizadas no tienen capacidad portante previa al fraguado del hormigón, por lo que estos elementos prefabricados solamente aportan una resistencia parcial que debe ser completada con hormigón in situ para que el forjado pueda soportar la totalidad de las cargas. Este tipo de forjados es necesario apearlo durante su ejecución con unos travesaños, denominados sopandas, que hacen que la luz de las semi-viguetas se reduzca. Las sopandas se colocan en líneas perpendiculares a la dirección del forjado, que a su vez se encuentran apoyados sobre otros elementos verticales que reciben el nombre de puntales.

Imagen 3.3.3. Forjado con bovedillas semirresistentes.



Fuente: Elaboración Propia.

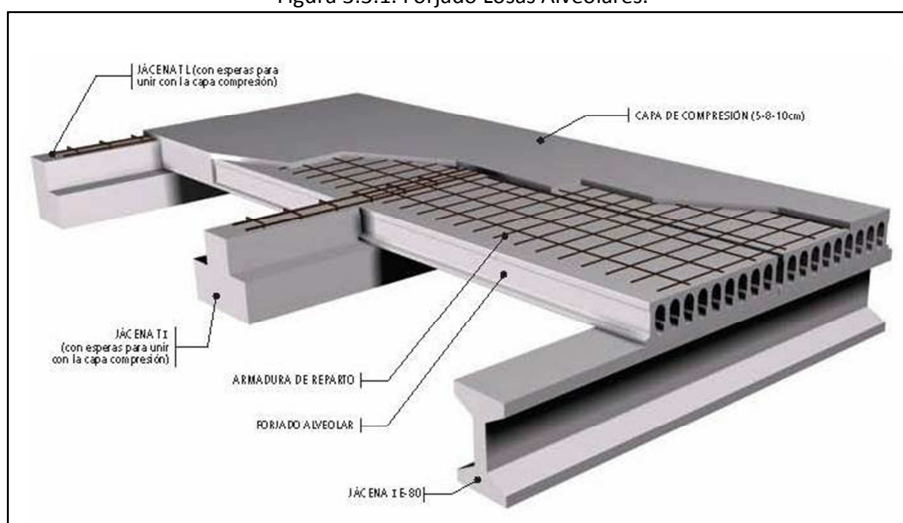
Además de esta distinción en función del tipo de vigueta, dentro de los forjados unidireccionales se podría incluir algunos tipos en los que, por su grado de prefabricación, no será necesario el encofrado total de la planta.

### 3.1.1.3. Forjados de Semilosas Prefabricadas de Hormigón:

Estos tipos de forjados están constituidos por piezas grandes y pesadas de hormigón armado, las cuales se ejecutan parte en taller y parte in situ. En el mercado existen varios tipos entre ellos las losas alveolares, las placas nervadas y las prelosas.

Las primeras son piezas con un canto constante y están aligeradas mediante alveolos longitudinales. Las distintas placas se solidarizan posteriormente vertiendo hormigón en sus juntas laterales, quedando garantizado de este modo la transmisión de cargas transversales, además al mismo tiempo, se dispone una capa de compresión en obra de espesores entre 5 y 10 cm.

Figura 3.3.1. Forjado Losas Alveolares.



Fuente: <http://www.trumes.es/>

Las placas nervadas al igual que en el caso anterior se utilizan por lo general como piezas simplemente apoyadas, utilizando una capa de compresión o de relleno de juntas longitudinales para garantizar la unión entre ellas y mejorar el reparto transversal. Este tipo de piezas suelen tener forma en "TT", "T" o "U".



Al igual que en las viguetas autorresistentes en estos tipos de forjado se deben colocar los puntales antes del hormigonado de las juntas y la capa de compresión, para que las piezas no entren en carga hasta su ejecución total.

Las prelosas están compuestas por una lámina de hormigón reforzado con acero corrugado, así como de una celosía que forman las armaduras de los nervios, como elementos de entrevigado normalmente se utilizan bovedillas de poliestireno expandido. Su cara inferior es lisa y fina y su cara superior es rugosa y con estrías, para que tenga adherencia con el hormigón que se verterá tras colocar los negativos y el mallazo de reparto.

Como en el caso anterior, cuando la prelosa se posiciona en su ubicación definitiva se deben apuntalar cada cierta distancia, según se indique en la ficha de uso del fabricante.

Imagen 3.3.4. Forjado Unidireccional de Prelosas.



Fuente: <http://www.arquigrafico.com/las-prelosas-aligeradas-solucion-ideal-de-techos-autoportantes>

#### 3.1.1.4. Forjados Mixto de Chapa de Acero y Hormigón:

Son los que están formados por una chapa continua plegada de acero sobre la que se vierte una losa de hormigón que contiene un mallazo y actúa como capa de compresión. El plegado de dicha chapa le otorga una mayor inercia y rigidez haciéndola autoportante, aunque esto último también depende de la luz de la losa, del grosor de la chapa y del espesor del hormigón. Este tipo de elementos horizontales también reciben el nombre de forjados de chapa colaborante ya que el hormigón y la chapa de acero trabajan conjuntamente.

Imagen 3.3.5. Forjado de Chapa Colaborante.



Fuente: <http://webs.demasiado.com/forjados/tipologia/semiprefa/plan/acero/index.htm>

En estos forjados la chapa plegada sirve de plataforma de trabajo durante el montaje y de encofrado perdido para el hormigón fresco. Si tiene la capacidad de ser autoportante no requiere sopandas durante el curado, de lo contrario éstas se colocaran perpendiculares a la dirección de la losa.

### 3.1.2. Forjados Bidireccionales.

Son aquellos elementos en los que las cargas se distribuyen en dos direcciones perpendiculares entre sí. En este caso, el forjado está constituido por nervios en ambas direcciones formando una cuadrícula o retícula en la que no existen vigas a las que transmitir las cargas. Son los nervios los que transmiten las cargas directamente a los pilares o bien a través de macizados en la cabeza de los mismos llamados capiteles o ábacos. El espacio existente entre los nervios puede estar hueco o relleno con casetones de diferentes materiales en función de las necesidades del proyecto, este tipo de forjados también se conocen con el nombre de reticulares.

El encofrado de este tipo de forjados tiene que ser siempre de planta completa, ya que no dispone de elementos prefabricados en su ejecución, que hagan de encofrado perdido como en los casos anteriores. Por lo tanto se tiene que disponer un tablero continuo en toda la superficie del forjado.



Imagen 3.3.6. Forjado Reticular con casetones prefabricados.

Fuente: <http://www.lavirtu.com/albumes.asp?idcategoria=63986>

### 3.1.3. Losas Macizas.

Los forjados reticulares, vistos anteriormente, deberían ser encuadrados dentro de este apartado, ya que en realidad se trata de losas aligeradas, siendo la losa maciza el caso más general de esta familia. La diferencia más grande que puede existir entre ambos tipos de estructuras horizontales es que en el caso de las losas macizas, la distribución de las cargas tiene un comportamiento multidireccional, debido a que está constituida por una placa continua de hormigón armado, la cual permite absorber mayores irregularidades en la planta, es decir las cargas consiguen encontrar caminos relativamente más sencillos hasta los pilares que con el resto de soluciones. El inconveniente fundamental radica en el aumento del peso propio del elemento constructivo.

Imagen 3.3.7. Losa Maciza.



Fuente: Serralta González, Pedro (2.011).

Al igual que ocurre con el forjado reticular el encofrado se realiza de forma continua en toda la planta. Con este tipo de elementos es más probable la utilización de cimbras debido al exceso de carga que se puede producir con grandes espesores de losas.

### 3.2. En Función del Sistema de Fabricación o Ejecución.

Fundamentalmente existen dos tipos de forjado en función del sistema de ejecución, entendiendo como tales los forjados realizados in situ y los forjados prefabricados. Pero considerando que este trabajo se centra en las medidas de protección a utilizar en el montaje de encofrados, se va a considerar la existencia de otro tipo encuadrado entre ambos y que se va a denominar forjados parcialmente prefabricados.

#### 3.2.1. Forjados Realizados in situ.

Son aquellos en los que la totalidad del forjado se realiza en obra, es decir se ejecutan totalmente sobre el sistema de encofrado, pueden ser macizos o aligerados. En este caso se encuentran los forjados reticulares y las losas macizas.

#### 3.2.2. Forjados Parcialmente Prefabricados.

En este tipo de forjados se enmarcarían los que están constituidos por viguetas o semiviguetas prefabricadas y las prelosas. La característica que los incluye dentro de este tipo es que las piezas no tienen resistencia suficiente para soportar la carga total del forjado, necesitando el hormigón in situ para completar la sección resistente. En este grupo de forjados se encuentran los unidireccionales autorresistentes y semirresistentes, en los que tradicionalmente el encofrado se realizaba parcialmente en planta.

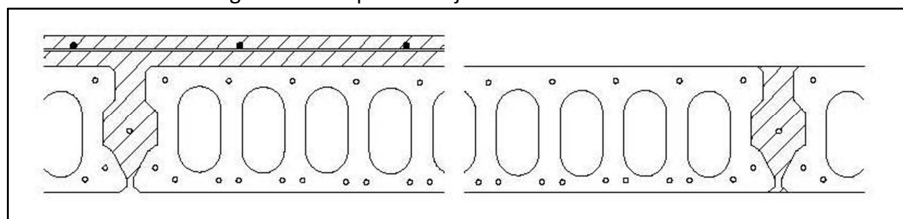


Fuente: EHE-08.

### 3.2.3. Forjados Prefabricados.

En este apartado se encontrarían los sistemas prefabricados contruidos, como se ha visto anteriormente, por losas alveolares, placas nervadas o forjados de chapa colaborante, cuya cualidad fundamental, para este trabajo, consiste en que llegan a obra con una losa de hormigón totalmente terminada o una chapa de acero, las cuales sirven como encofrado perdido.

Figura 3.1.3. Tipos de forjados con losas alveolares.



Fuente: EHE-08.

## 4. Comentarios sobre el Capítulo.

En este capítulo se ha enumerado la legislación que afecta directamente a los trabajos de encofrado horizontal en obras de construcción, comprobando que sin tener en cuenta la legislación sobre prevención de riesgos laborales, únicamente se hace referencia a los encofrados en la EHE-08, en los capítulos dedicados a la ejecución y al control de las estructuras de hormigón y en alguna NTE que además de no ser de obligado cumplimiento, cuentan con suficientes años como para haber quedado obsoletas.

Por lo que respecta a la legislación relativa a la prevención, que es bastante amplia, se puede decir que según el Real Decreto 1.215/1.997 y su posterior modificación con el Real Decreto 2.177/2.004, un sistema de encofrado puede ser considerado un equipo de trabajo utilizado en la construcción de estructuras de hormigón. Además estos trabajos tienen relación con otra serie de reglamentos como son los relativos a las obras de construcción (Real Decreto 1.627/1.997) de donde se desprende que el encofrado de un forjado es un trabajo que implica un riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores ya que estos, sufren el riesgo de tener una caída de altura, produciéndose este riesgo cuando los trabajos se realizan a más de 2 metros de altura, cosa muy habitual en trabajos de encofrados de forjados, si se tiene en cuenta además, que la altura libre entre formados suele ser superior a 2,70 m. En esta norma además también se indica que cuando exista un riesgo de caídas de altura será obligatorio la existencia de protecciones colectivas.

Otras normas legislativas son las relativas a lugares de trabajo (Real Decreto 486/1.997), equipos de protección individual (Real Decreto 773/1.997), señalización seguridad y salud en el trabajo (Real Decreto 485/1.997), manipulación manual de cargas (Real Decreto 487/1.997) o al V Convenio Colectivo del Sector de la Construcción.

También se han definido en este capítulo los diferentes tipos de forjados que se pueden encontrar en una obra de edificación, en este caso se han analizados estos elementos horizontales teniendo en cuenta la dirección en las que transmiten las cargas y el sistema de fabricación, llegando a las siguientes conclusiones:

- En los forjados prefabricados, es decir en las losas alveolares, placas nervadas o forjados de chapa colaborante y en el forjado parcialmente prefabricado constituidos por prelosas, no será necesario la ejecución de un encofrado ya que estos mismos elementos constructivos actúan como encofrado perdido.
- En los forjados parcialmente prefabricados constituidos por los forjados autorresistentes y semirresistentes, constructivamente hablando únicamente es necesario encofrar las zonas que quedan macizadas con hormigón armado (vigas), pero actualmente se ha conseguido que los constructores encofren toda la planta para evitar accidentes por roturas de bovedillas, etc. Por lo tanto en este caso, aunque no es necesario en su totalidad, se considera que actualmente en todas las obras de edificación donde se utilizan estos tipos de forjados será encofrada la totalidad de la planta.
- En cuanto a los forjados in situ, formados por las losas macizas y los forjados reticulares, evidentemente será necesario encofrar la totalidad de la planta.

Por lo tanto, teniendo en cuenta que este trabajo se centra en las protecciones a utilizar en trabajos de encofrado horizontales, no procederá hacer referencia a los forjados prefabricados, ya que no necesitan este tipo de medios auxiliares. Aunque su utilización siempre que los cálculos estructurales así lo permitan, será recomendable antes que la utilización del resto de forjados, porque eliminan de una sola vez, todos los riesgos que se originan durante el montaje de un encofrado, comenzando por el principal que es el riesgo de caída de altura.

## **CAPÍTULO IV**

### **SISTEMAS DE ENCOFRADO HORIZONTAL**

## 1. Introducción.

Una vez estudiado los lugares donde se emplean los encofrados horizontales, en este capítulo se van a analizar los principales sistemas que se pueden encontrar actualmente en el mercado y que se utilizan principalmente en la edificación, ya que existen otras variedades que se pueden utilizar en obra civil, las cuales no se van a contemplar en este trabajo.

Antes de entrar en el estudio, propiamente dicho, de los sistemas de encofrado, se comenzará analizando los diferentes tipos de apeo que se pueden utilizar en el encofrado de una obra de edificación. Este análisis que consistirá tanto en el estudio de los apeos tradicionales como los apeos por cimbras se realiza al margen del encofrado, debido a la gran importancia que en un sistema de encofrado tiene el apeo utilizado, sobre todo en lo referente a las cimbras, ya que suponen unos riesgos de caída de altura, añadidos a los producidos durante el encofrado de lo que será el molde del hormigón utilizado en la ejecución de un forjado de edificación.

Una vez analizado los apeos se comenzará con el estudio de los sistemas de encofrado, diferenciando entre los encofrados tradicionales y los industrializados, estos últimos los más utilizados en la actualidad. Este análisis llevará a que se conozcan los sistemas de encofrado que más habitualmente se puede encontrar en una obra de edificación junto con sus procedimientos de montaje y desmontaje y sus condiciones de mantenimiento y almacenamiento. Ya que como bien indica Ricouard, M. J. (1.980) la seguridad en el empleo de los encofrados comprende tres casos principales:

- La Conservación y manipulación (estudiada en este trabajo en los apartados de mantenimiento y almacenamiento).
- La circulación de los trabajadores sobre los encofrados (analizada en los apartados de montaje y desmontaje).
- El almacenamiento de los encofrados (vistos también en el apartado de mantenimiento y almacenamiento).

Con el análisis del montaje y desmontaje de los elementos tanto de apeo como de encofrado, se obtendrán las fases de trabajo en las que son necesarios utilizar medidas de protección tanto colectivas como individuales. Aunque en este capítulo no se especificará que medida de

protección se puede utilizar concretamente, ya que dependerá de cada tipo de obra y de las consideración que al respecto realice la dirección técnica de la misma. Por el contrario, se mencionará la familia que integra la medida de protección que se tiene que utilizar en cada una de las fases de montaje y desmontaje en las que exista riesgo de caída de altura. Es decir si hace falta un elemento de protección de borde, se hará esta indicación pero no se mencionara el tipo concreto, por ejemplo una barandilla.

Por lo que respecta a los apartados de mantenimiento y almacenamiento se especificarán los criterios que deben seguir cada elemento para estar protegido y disminuir su deterioro, durante su almacenamiento y además se darán criterios a seguir para su mantenimiento y eliminación de materiales con desperfectos.

Como paso previo al estudio de los distintos tipos de apeos y encofrados se analizarán brevemente y de una forma general los trabajos donde se integran las operaciones de montaje y desmontaje de un encofrado horizontal en una estructura de hormigón.

## **2. Trabajos Generales en los Encofrados Horizontales.**

Los trabajos para la ejecución de un elemento horizontal en una estructura de hormigón armado, cuyos forjados estén clasificados dentro de los que en el capítulo anterior se han especificado que necesitan un encofrado total de la planta (forjados autoresistentes, semioresistentes y todos los realizados in situ), se pueden dividir principalmente en las siguientes fases:

- **Montaje de la estructura de encofrado y de las protecciones colectivas.**
- **Movimiento de cargas.**
- **Montaje de la superficie encofrante (si es necesario).**
- **Puesta en obra de la superficie encofrante y del resto de protecciones colectivas.**
- **Montaje de tabicas.**
- **Ferrallado.**
- **Montaje de aligeramientos.**
- **Hormigonado.**
- **Desencofrado.**
- **Desmontaje de protecciones colectivas.**

- **Montaje y desmontaje de equipos auxiliares.**

Lo que viene en “negrita”, corresponderían a los trabajos específicamente de montaje y desmontaje de los encofrados. A continuación se va a realizar la misma clasificación pero con un forjado prefabricado, aunque en el capítulo anterior se concluyó diciendo que no formarán parte de este trabajo, de una forma directa, por no necesitar encofrado, si es interesante enumerar sus fases de trabajo para ver la diferencia que existe en la ejecución de ambos tipos de forjado.

- Movimiento de cargas.
- Montaje de protecciones colectivas.
- Colocación de elementos prefabricados y apuntalamiento de estos si es necesario.
- Montaje de tabicas (si es necesario).
- Ferrallado.
- Hormigonado.
- Desmontaje de protecciones colectivas.
- Montaje y desmontaje de equipos auxiliares.

Como se puede apreciar la reducción de fases de trabajo es considerable, quedando los procesos de encofrado únicamente para los apuntalamientos que pueden ser necesarios y para el montaje de las tabicas.

Entrando en un breve análisis de cada punto se puede comenzar exponiendo que la primera fase corresponde al montaje de la estructura del encofrado, que como se verá a continuación puede ser por apeo con puntales o con una cimbra, la utilización de un sistema u otro debe venir especificado en el proyecto de ejecución. En esta fase se debe de comenzar a colocar las protecciones colectivas que sean necesarias. En el caso de una estructura formada por elementos totalmente prefabricados en muchos casos es necesario que exista un apeo de estos elementos para que no entren en carga.

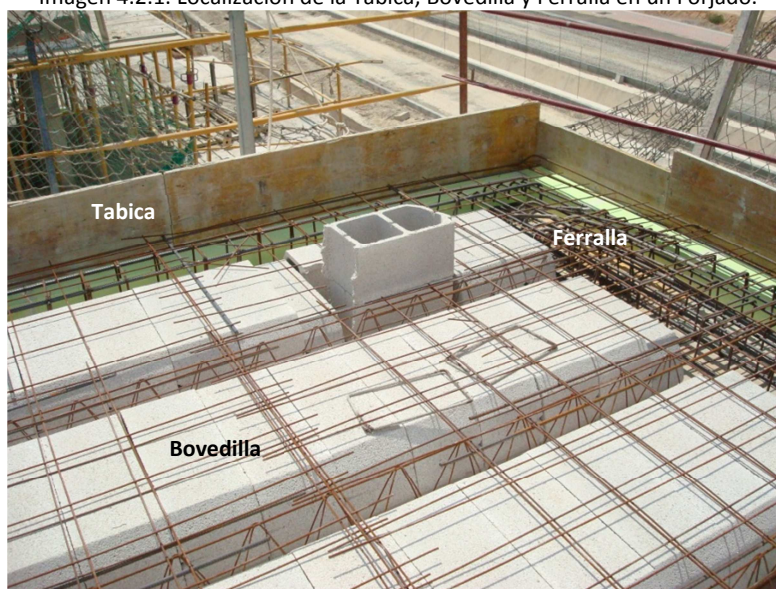
El movimiento de las cargas es la fase cuyos trabajos corresponden tanto al traslado del sistema de encofrado y de su estructura de apoyo como al posicionamiento de la ferralla, los elementos de entrevigado (aligeramiento) y el hormigonado de la estructura.



En cuanto al montaje de la superficie de encofrado se puede decir que consiste en ensamblar los distintos componentes del sistema en un lugar despejado del centro de trabajo, formando módulos con las dimensiones adecuadas al elemento constructivo a hormigonar. Esta operación es más utilizada en otros tipos de encofrado, como pueden ser los verticales, ya que en los sistemas de encofrado horizontal el montaje prácticamente no existe, pasando directamente a la puesta en obra. La excepción se encuentra en el encofrado de mesa autoportante que es el único caso en el que sería necesario el montaje previo, aunque en la mayoría de ocasiones son suministrados a obra ya premontados por las empresas especializadas del sector.

La puesta en obra, por lo tanto, se considera a las operaciones de posicionamiento de los distintos módulos de encofrado en su lugar definitivo de hormigonado, previamente montados si es necesario. Esta fase incluye las labores de traslado al lugar de trabajo del encofrado, colocación, estabilización, aplome y nivelado, conexión de los distintos módulos y colocación de anclajes. Evidentemente en un forjado prefabricado esta fase se eliminaría, ya que los elementos constructivos que se utilizan hacen de encofrado perdido. En esta fase, independientemente del forjado utilizado, se colocarían las restantes protecciones colectivas que no se hubieran colocado anteriormente.

Imagen 4.2.1. Localización de la Tabica, Bovedilla y Ferralla en un Forjado.



Fuente: Elaboración Propia.

Posteriormente se montan las tabicas del encofrado, que son los elementos que evitan al hormigón escapar por los laterales del encofrado de un forjado. Una vez realizada esta operación, llega el momento de colocar todos los elementos constructivos necesarios para realizar el forjado,

comenzando por el ferrallado, que corresponde a la colocación de las barras de acero, las cuales formarán cuando se hormigonen, los elementos estructurales. A continuación se colocarán las bovedillas o elementos de entrevigado y por último se procederá al hormigonado de todo el conjunto. Como se explicó en el capítulo anterior, en función del elemento prefabricado que se utilice, será necesario realizar más o menos trabajos en la fase de ferrallado.

El desencofrado que como su nombre indica corresponde a la retirada del sistema de encofrado implica además de ello el desmontaje de la estructura de apeo. En esta fase se debe conocer el sistema de encofrado utilizado ya que en función de tipo el desencofrado se debe realizar de una forma u otra.

Por último, estaría la retirada de las protecciones colectivas que se han utilizado en los trabajos de encofrado y de los equipos auxiliares.

A continuación se van a detallar de una forma más precisa los trabajos de montaje y desmontaje de los apeos y los diferentes sistemas de encofrado, pero antes se exponen una serie de normas generales que serán comunes a todos los sistemas y que se resumen de la siguiente forma.

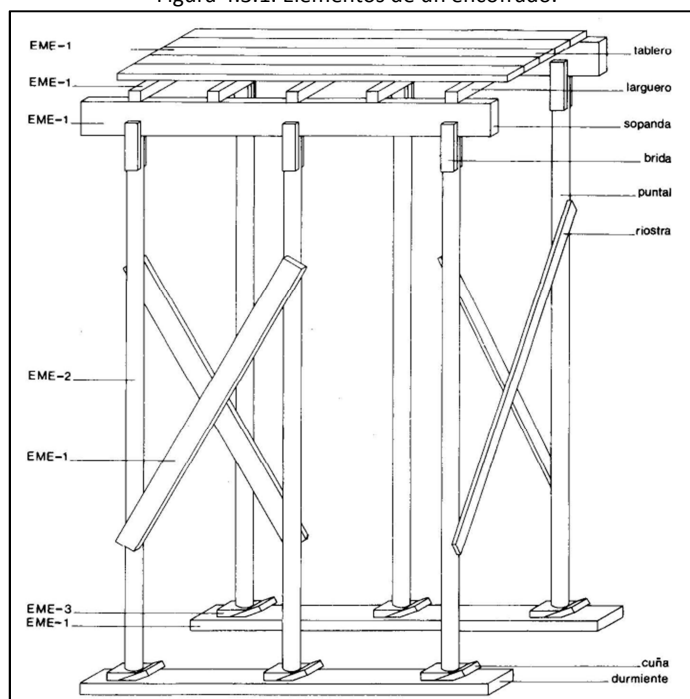
FASE PREVIA Y RECOMENDACIONES GENERALES.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Antes del inicio de los trabajos se contará siempre con planos debidamente aprobados y adecuados al montaje y desmontaje, con su correspondiente anexo de especificaciones y en su caso, de cálculo.	No se comenzarán los trabajos de montaje sin la existencia de los planos. Además siempre se tendrá en cuenta las instrucciones del fabricante.
Personal cualificado para el montaje de los apeos y encofrados.	Los trabajadores deberán estar debidamente formados e informados para los trabajos de montaje y desmontaje.
Antes del inicio comprobación de las condiciones meteorológicas.	Especialmente se comprobará el viento existente en la zona de trabajo. Se utilizarán las protecciones específicas frente a las condiciones de lluvia, humedad, hielo o nieve.
Antes del inicio, autorización a los operarios, por parte del responsable de los trabajos del comienzo del montaje.	No se comenzarán los trabajos de montaje sin la autorización de una persona cualificada y competente que conozca y tenga experiencia en la realización de estos trabajos.
Antes del inicio, revisión de los componentes y útiles de trabajo a emplear.	Asegurarse de que los componentes del sistema reúnan los requisitos de seguridad establecidos y no se encuentran dañados. Todos deben cumplir la normativa.
Antes del inicio, verificar que se dispone de los equipos de trabajo necesarios y que el área de trabajo está ordenada y limpia.	Asegurarse de que los equipos de protección individual (cinturón de seguridad con arnés, casco, botas de seguridad, guantes, etc.), son los adecuados.

Durante todo el proceso de montaje y desmontaje, el personal que no participe en dichos trabajos, no permanecerá bajo la zona de trabajo.	Se mantendrán acotada toda la zona de trabajo inferior, para evitar la caída de objetos sobre los trabajadores.
Revisión de la zona de trabajo tras desencofrado.	Finalizado el desencofrado se repasará la zona de trabajo para evitar que algún elemento haya podido quedar colgado. Asimismo la zona de trabajo debe quedar ordenada y limpia. La madera se limpiara de clavos al mismo ritmo que se desencofra o por lo menos se acopiara en un lugar no transitable y se limpiara después.

### 3. Cimbras y Apuntalamientos.

Como se ha comentado anteriormente un elemento muy importante en el empleo de encofrados, para evitar su colapso, es el apeo. Un encofrado independientemente del elemento al que pretenda dar forma debe poder resistir la combinación más desfavorable de su peso propio, del peso del elemento a ejecutar (armaduras y hormigón), las presiones del hormigón fresco, las cargas de construcción y viento, así como el conjunto de los efectos dinámicos accidentales producidos por el vertido y compactación del hormigón. Para que el encofrado pueda resistir todas estas cargas debe contar con una estructura que tiene que estar compuesta por una serie de elementos que faciliten la transmisión de los esfuerzos hasta que se produzca el fraguado del hormigón, siendo los más destacados los tableros, los largueros o vigas, las sopandas, los durmientes y los puntales.

Figura 4.3.1. Elementos de un encofrado.



Fuente: Ministerio de la Vivienda (1.975).

El tablero sirve de molde para el hormigón fresco y es el elemento que se colocará justo debajo del forjado, sirviendo además de plataforma de trabajo para los operarios encargados de su montaje. Este elemento es el encofrado propiamente dicho, el resto de elementos son los que formarían el apeo estructural o la estructura del encofrado ya que son los encargados de transmitir las cargas a las superficies inferiores. Entre estos elementos están las sopandas que es un elemento lineal dispuesto horizontalmente, apoyado en los puntales y que se encargan de soportar los esfuerzos de los largueros o vigas, que sustentan los tableros de encofrado, con la finalidad de reforzarlos y así evitar su flexión y repartir sus cargas. En la parte inferior del apeo se encuentran los durmientes que son también unos elementos lineales, cuya función es similar a la de las sopandas, aunque en este caso, en lugar de repartir las cargas hacia los puntales, reciben las cargas de estos y la transmiten a la superficie en la que se encuentran apoyados, eliminando el efecto de punzonamiento que pueden ejercer, es decir, reparten de una forma lineal, los esfuerzos que originarían los puntales sobre una superficie pequeña del elemento de apoyo.

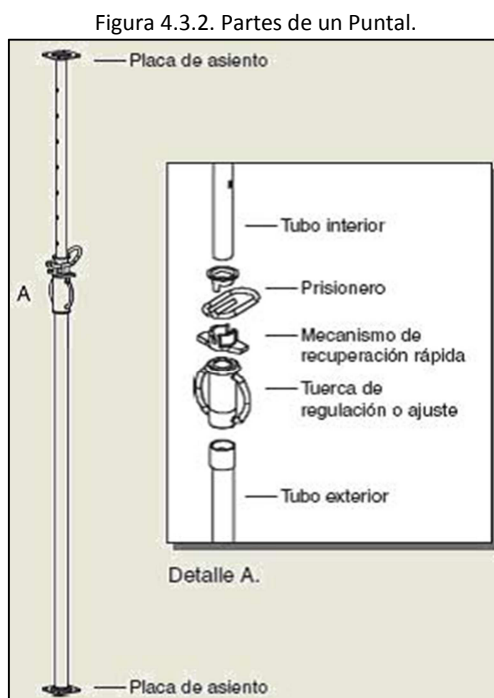
Por último, los puntales son elementos de apoyo provisional que transmiten la carga que reciben a las zonas inferiores. En ocasiones debido a la altura y a las cargas que debe soportar el encofrado puede ser necesario que los puntales se sustituyan por un sistema de apeo con cimbra. A este aspecto se refiere la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), al decir que *“cuando los forjados tengan un peso propio mayor de 5 KN/m<sup>2</sup> o cuando la altura de los puntales sea mayor que 3,5 m, se realizará un estudio detallado de los apuntalados, que deberá figurar en el proyecto de la estructura”*.

En este apartado se van a analizar estos dos elementos de sustentación, es decir se va a diferenciar entre los apeos realizados con puntales y los ejecutados mediante cimbras, dejando el resto de elementos que se pueden considerar parte del apeo estructural (sopandas, durmientes) para el análisis de los sistemas de encofrado, ya que en función del tipo que se utilice pueden variar sustancialmente estos elementos.

### **3.1. Apeo con Puntales.**

Existen diversos sistemas de apuntalamiento para encofrados y forjados siendo los más extendidos los puntales telescópicos de acero, aunque últimamente empiezan a encontrarse en el mercado también de aluminio. Los primeros deben cumplir con las especificaciones a las que se

refiere la norma UNE-EN 1065:1999 sobre Puntales telescópicos regulables de acero, especificaciones del producto, diseño y evaluación por cálculos y ensayos.



Fuente: INSHT. NTP 719.

Los puntales regulables en general, son elementos de apoyo provisional que tienen una sección transversal muy reducida respecto a su altura y que trabajan a compresión, transmitiendo la carga que reciben desde la superficie superior del encofrado a la inferior de apoyo, además deben permitir un fácil desencofrado. Estos elementos, constan de dos tubos que pueden desplazarse telescópicamente uno dentro del otro, poseyendo un sistema de reglaje con un pasador que se insertan en los agujeros del tubo interior, además cuentan con un medio de ajuste a través de un collar roscado. Las partes principales de un puntal telescópico regulable de acero son:

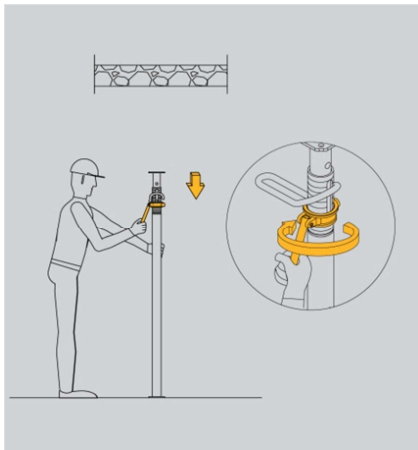
1. Placa de asiento: Placa que se fija perpendicularmente al eje en cada uno de los extremos del tubo interior y del tubo exterior.
2. Tubo exterior: Tubo de mayor diámetro con uno de los extremos roscados.
3. Tubo interior: Tubo de menor diámetro provisto de agujeros para el ajuste aproximado del puntal. Se desliza dentro del tubo exterior.
4. Regulador: Dispositivo que consta de un prisionero o pasador, una tuerca de ajuste y agujeros en ambos tubos, exterior e interior.

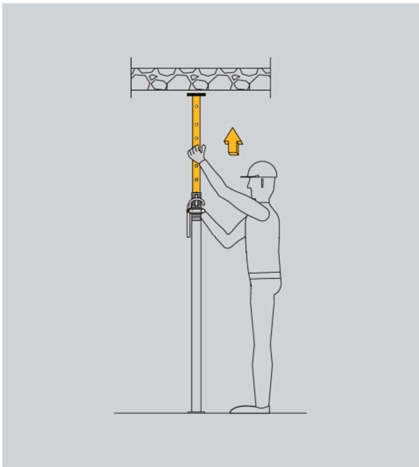
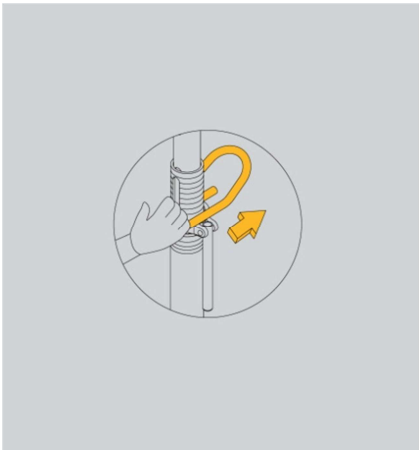
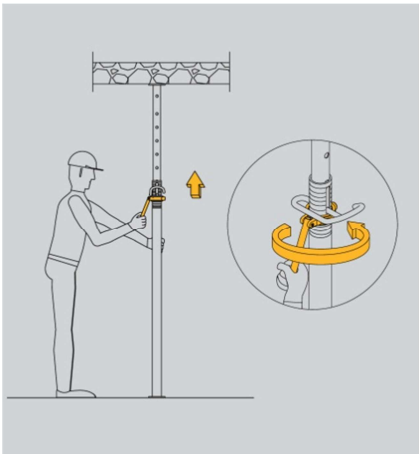
5. Prisionero: Se inserta a través de los agujeros del tubo interior y marca la longitud aproximada.
6. La tuerca de ajuste: dispone como mínimo de una empuñadura y tiene una cara que soporta el pasador o el mecanismo de recuperación rápida en los que lo poseen, sirve para realizar ajustes finos de la altura del puntal.

Los puntales telescópicos se clasifican de acuerdo a su resistencia característica nominal y su longitud de extensión máxima. En el mercado existen muchos modelos en función de estas dos variables. Sus longitudes varían entre 1,00 y 5,50 ó 6,00 metros variando del mismo modo sus capacidades resistentes. Como se ha indicado anteriormente, dependiendo de las cargas que tengan que soportar los puntales y de la altura puede ser necesario utilizar estructuras tipo cimbra.

### 3.1.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

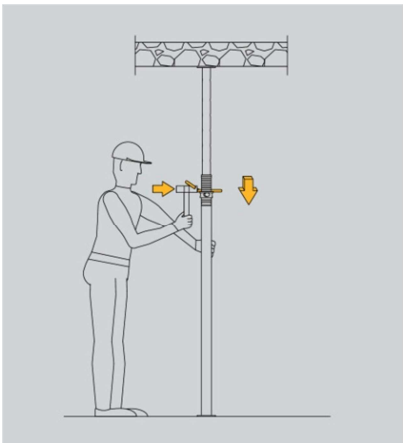
En cuanto al procedimiento de montaje y desmontaje de los puntales para el apeo de un encofrado horizontal, será básicamente el que se expone a continuación.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Desbloqueo del puntal	Si el trabajo se realiza sobre una planta con riesgo de caída de altura, será obligatorio colocar un <b>sistema perimetral de protección de borde</b> . Colocar un durmiente en el suelo. Bajar la Tuerca del Puntal hasta liberar la ranura del Casquillo roscado actuando sobre la Palanca.
	
Fuente: Catálogo Ulma.	

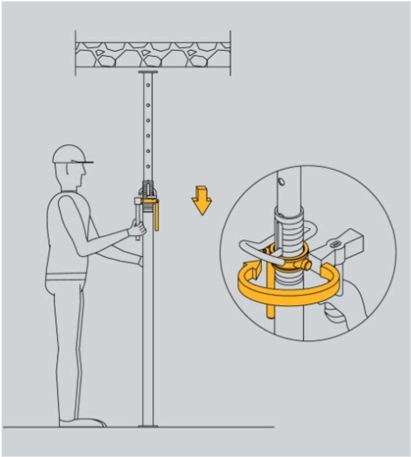
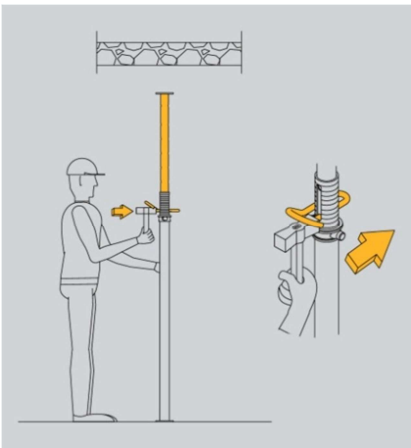
Extender el Puntal.	Extender el Tubo interior del Puntal hasta aproximarse a la altura deseada.
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Bloqueo del Puntal.	Insertar el Prisionero en el orificio más próximo a la Tuerca.
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Ajuste del Puntal.	<p>Realizar el ajuste final girando la Tuerca hasta que el Puntal quede firme en su posición.</p> <p>Utilizar la palanca de tensado o aflojado de los puntales solamente con la mano. No golpearla con un martillo.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	

Colocación del resto de Puntales.	<p>Repetir la secuencia hasta colocar todos los puntales.</p> <p>El apoyo del puntal tiene que ser horizontal, con superficie plana y base estable. En el caso de una rampa, se colocará un calzo en forma de cuña con una inclinación igual a la pendiente.</p> <p>Está totalmente prohibido superponer puntales.</p> <p>Cuando la altura sea superior a la longitud del puntal se utilizará un sistema de cimbrado.</p> <p>Si por cualquier razón al colocar un Puntal el trabajador queda fuera del sistema de protección colectiva que obligatoriamente debe existir. Será necesario que éste utilice uno <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros (tras la eliminación del riesgo el trabajador podrá retirarse el EPI).</p> <p>Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
Comprobación del montaje del sistema.	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

El desmontaje de los puntales se realizará junto con el resto del encofrado cuando así lo dictamine la dirección técnica de la obra, consistiendo éste en los siguientes pasos.

FASE DESMONTAJE	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Desbloqueo del Puntal	<p>Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.</p> <p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p> <p>Estando el Puntal en posición de trabajo, golpear el extremo del Prisionero desplazándolo hasta que los rebajes encajen en la Tuerca. El Prisionero y el Tubo interior habrán bajado 2,50 mm.</p>
	
Fuente: Catálogo Ulma.	



Aflojar el Puntal.	Aflojar la Tuerca accionando manualmente la palanca o, si fuera necesario, golpeando con un martillo el moyú que lleva incorporado en un lateral la Tuerca, hasta liberar el Puntal. Nunca golpear la palanca con un martillo.
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Extraer el Prisionero.	Extraer el Prisionero de su orificio con un golpe de martillo. En la operación es conveniente sujetar el Tubo interior. No golpear la base del puntal para desencostrar. Colocar el Puntal en su Palet.
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Desmontaje del resto de Puntales	Repetir la secuencia hasta desmontar todos los puntales. Si por cualquier razón al desmontar algún Puntal el trabajador queda fuera del sistema de protección colectiva que obligatoriamente debe existir. Será necesario que éste utilice un <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros (tras la eliminación del riesgo el trabajador podrá retirarse el EPI).
Comprobaciones.	Una vez terminado el desmontaje de los puntales, los operarios deberán comprobar que los <b>sistemas de protección de borde</b> siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos. Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.

### 3.1.2. Mantenimiento y almacenamiento.

Los puntales deben de estar empaquetados en palets específicos para que no sufran daños. Después de su uso en obra, los puntales se deben apilar en dicho palet colocándolos en ambos sentidos, procurando equilibrar la carga y por último amarrarlos adecuadamente. Un correcto almacenamiento sería en un lugar cubierto.

Los criterios a seguir para la identificación de los puntales que se consideran no válidos para su uso, por suponer un riesgo de accidente para los operarios que manipulan el material o un riesgo de rotura de alguna pieza del puntal cuando éste se encuentra trabajando bajo carga serán las siguientes:

- Deformaciones: Tubo exterior con gran abolladura o flecha.
- Mal estado: corrosión interna o externa.
- Observar que las piezas que componen el puntal sean las correctas: Que no falte el Pasador, la Tuerca, etc.

### 3.1.3. Marcado.

El marcado en los puntales telescópico regulable de acero debe estar impreso o grabado en relieve sobre el puntal o sobre una placa de acero soldada al puntal, y debe ser legible después de aplicar el recubrimiento protector.

La posición del marcado no debe oscurecerse cuando el puntal está en posición vertical con el tubo exterior abajo. Los puntales deben estar marcados con la información siguiente, en la secuencia indicada:

- Norma UNE-EN 1065.
- Nombre o marca comercial del fabricante del puntal.
- Año de fabricación (dos últimos dígitos).
- Clasificación (véase la tabla 2 de la norma UNE-EN 1065), esta clasificación depende de la longitud de extensión máxima y de su resistencia. Por ejemplo un puntal que se extiende como máximo 2,50 m y una resistencia de 20,40 KN será de la clase A 25, un puntal cuya clase es B 30 quiere decir que tiene una longitud de 3,00 y 22,7 KN.

- Nivel de inspección; L si la empresa fabricante tiene sello de calidad según normas UNE-EN ISO 9001 o UNE-EN ISO 9002, M si el fabricante no tiene estos sellos de calidad y el control de la calidad de la producción lo realiza un organismo de certificación independiente.
- Sigla o marca del sistema de certificación independiente (sólo para el nivel de inspección M).

Un ejemplo de este marcado sería el que se representa a continuación:

- EN 1065 Europrops 97 B 30 L.

A los puntales no le es de aplicación el marcado CE, por no existir legislación sobre comercialización de estos productos. Pero sí se debe garantizar la seguridad de estos productos, de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos.

### **3.2. Apeo con Cimbra.**

La cimbra es el soporte provisional para una parte de la estructura de un edificio, que al igual que el apeo con puntales sirve para sostener en este caso un forjado encofrado, mientras éste no es capaz de soportar por sí mismo ni los pesos propios y ni las acciones que sobre él actúan. Este tipo de estructuras provisionales se deben utilizar cuando la altura de apuntalamiento sea mayor que la altura máxima que tiene el puntal a utilizar, pero también puede ser que sea necesaria su utilización si la altura es menor y el peso propio del forjado es superior al que puede soportar un apeo con puntales.

El sistema de cimbrado consiste en la construcción de torres formadas por bastidores tubulares de acero, unidos por medio de cruces de diagonal doble, aparentemente similar a la que se puede ver en la estructura de un andamio. A diferencia del andamio que se utiliza para el posicionamiento de los operarios y sus equipos de trabajo, las cimbras deben soportar el peso propio del forjado y del encofrado, así como las acciones propias de la fase de ejecución. Además mientras que el movimiento de los andamios es independiente de la estructura construida, el movimiento de la cimbra está relacionado con ella, debiendo realizarse siguiendo las indicaciones específicas del estudio que se haya realizado para su montaje. La estructura que compone el sistema de cimbrado debe estar formada por elementos de gran resistencia en relación a su peso propio, por ello pueden armarse en poco tiempo y de forma sencilla estructuras de cualquier

altura y que puedan soportar cargas importantes, tiene gran flexibilidad para adaptarse a diferentes geometrías y configuraciones aunque cada cimbra debe diseñarse especialmente de acuerdo a la obra donde se instalará. Este tipo de estructuras provisionales se puede emplear tanto en la construcción de puentes, losas, arcos, vigas, etc.

Figura 4.3.3. Apeo de un encofrado con cimbra.



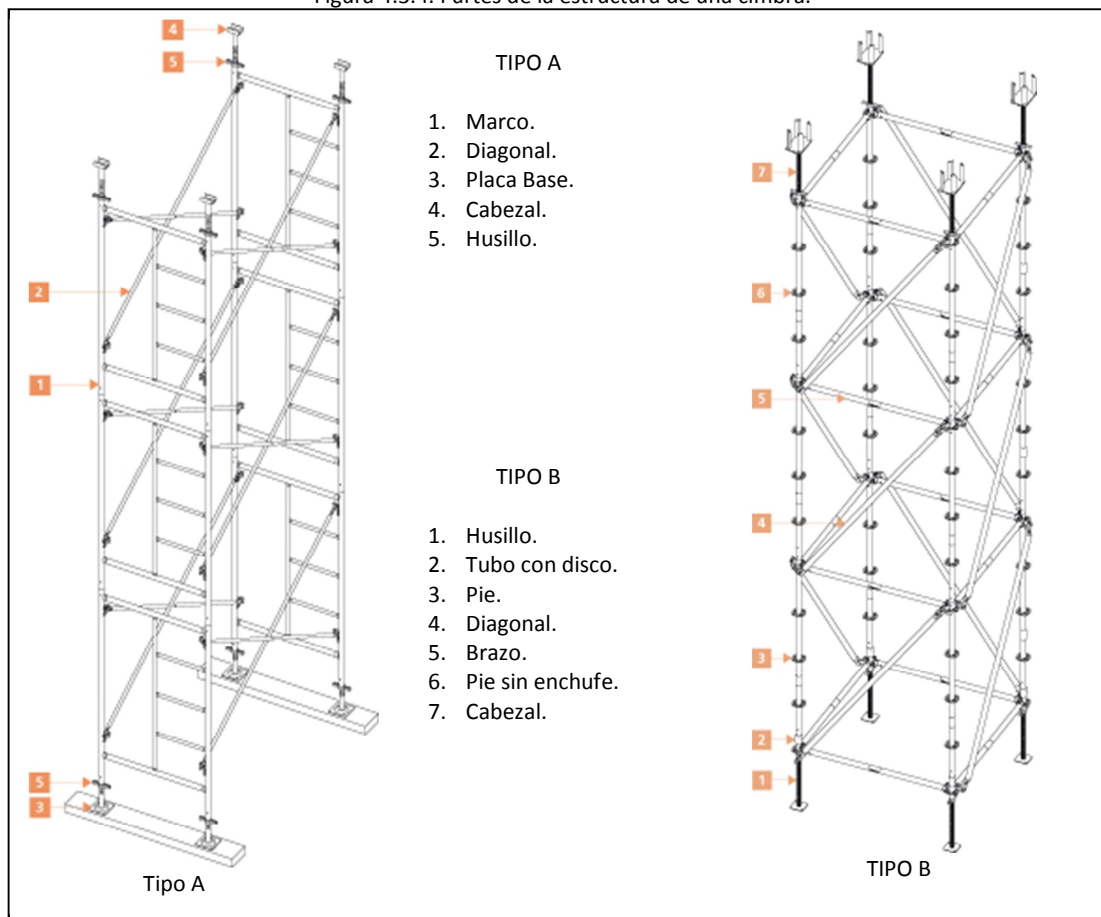
Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

Los cimbrados llevan husillos para nivelación y acople a distintos encofrados, las dimensiones de las diagonales y la separación entre torres se adecuan variando en función de las cargas que han de soportar y de su altura. En el mercado existen muchos tipos de sistemas de cimbrado aunque los elementos básicos se pueden clasificar en los siguientes:

- Bastidores estándar que puede estar constituido por un elemento con forma de marco con elementos horizontales en forma de escalerilla o por diferentes tubos verticales y horizontales unidos en un nudo.
- Bastidor telescópico para coronación o cabezal. En función del tipo de encofrado se utilizará uno u otro tipo de cabezal.
- Diagonales o travesaño que varían en función de la carga. Son dos tubos de idéntico tamaño unidos mediante un remache que permite el giro de uno respecto al otro. Este elemento proporciona en la cimbra tipo A (Figura 4.3.4) la separación exacta entre los marcos.
- Husillos o bases regulables. Sirve para nivelar la estructura y realizar el ajuste de la cimbra a la cota requerida. Se coloca en la fase inicial del montaje introduciéndolo en la placa base, y, en la fase final, en el marco para la posterior incorporación del cabezal.

- Placa Base. Este elemento se coloca en la fase inicial del montaje para proporcionar un apoyo estable a la cimbra.
- Elemento de arriostramiento entre las torres y la estructura para que formen un conjunto lo suficientemente estable. Está formado por un tubo y dos abrazaderas.

Figura 4.3.4. Partes de la estructura de una cimbra.

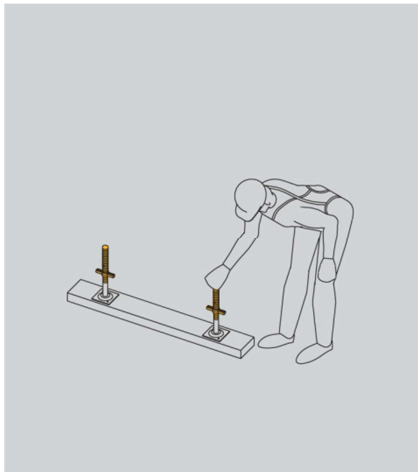


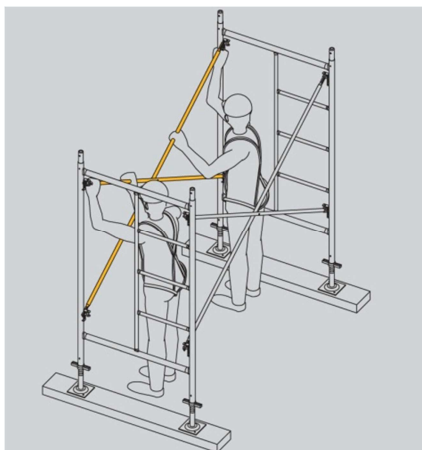
Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

### 3.2.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

Como se ha indicado anteriormente, en el mercado existen varios sistemas de cimbrado que dependen sobretodo del fabricante y del lugar de utilización (edificación u obra civil). En este trabajo se han extraído de los diferentes fabricantes dos tipos (ver figura 4.3.4), destinados a encofrados de edificación que en principio pueden encontrarse en la gran mayoría de fabricantes consultados. En este apartado se va a explicar los procedimientos de montaje y desmontaje de los dos tipos (A y B) en función de la información obtenida de cada fabricante. Como normalmente se dan varias formas de montaje en este trabajo se expondrá siempre la que mayor seguridad proporcione a los trabajadores.

A continuación se expone el montaje del cimbrado que se ha denominado en este trabajo tipo A. Esta cimbra es un sistema para el apeo del encofrado horizontal cuando se sobrepasa la altura máxima alcanzable por los puntales, por lo que no estarían diseñados para cargas excesivas, encontrándose éstas entre los 12 y 20 KN por pie de cimbra. Como se verá en el apartado siguiente este tipo de cimbra puede ser utilizado por los sistemas de encofrado flexible de vigas de madera y para el tipo mecano.

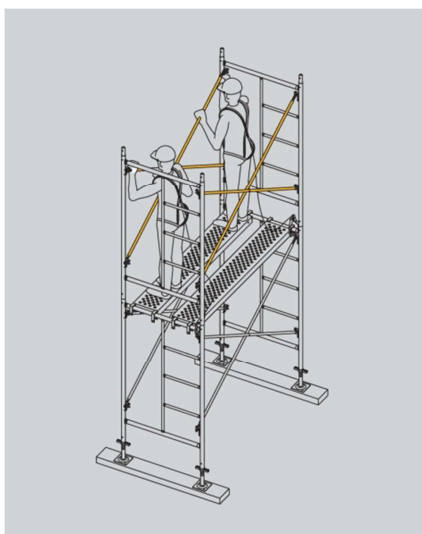
FASE DE MONTAJE CIMBRA TIPO A (Montaje Vertical).	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante el proceso de montaje del sistema de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Colocación placa base	<p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p> <p>La planta debe encontrarse totalmente limpia de objetos y totalmente compactada, de manera que, por sí mismo o con la ayuda de tablonos de reparto (durmientes), sea capaz de resistir los esfuerzos que le llegan.</p> <p>Colocar dos durmientes en el suelo.</p> <p>Situar las placas base, dos por marco, sobre los durmientes a 1 m respectivamente e introducir en las mismas los Husillos de nivelación.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Montaje del primer módulo.	<p>Formar el módulo inicial colocando dos Marcos enfrentados y uniéndolos mediante las Diagonales. Nivelar el conjunto tanto en el plano vertical como en el horizontal.</p> <p>Las Diagonales, una vez enganchadas al marco, se deben fijar inmediatamente con el trinquete de bloqueo.</p>



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación del módulo del segundo nivel e intermedios.

Antes de colocar los marcos del segundo nivel se colocarán unas plataformas sobre los marcos. Cuando los trabajadores suban a las plataformas será obligatorio utilizar unos **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros. Colocación de los marcos y diagonales del segundo nivel. Las cimbras se deben arriostrar en planta cada 5 m y en altura cada 4 m. Al llegar a esta altura sin arriostramiento se deberá comenzar a montar el primer módulo de la siguiente cimbra. Así se evita montar una cimbra sin que este arriostrada.



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación del módulo del último nivel.

Antes de colocar los marcos del último nivel trasladar las Plataformas sobre los ya existentes. A la hora de mover las Plataformas a un nivel superior, es conveniente subir en último lugar la que reposa sobre la escalerilla del marco. Continuar montando la torre de Cimbra hasta alcanzar la cota deseada. Colocar los Cabezales y regular los Husillos. La plataforma se dejará sobre el penúltimo marco para facilitar el montaje del sistema de encofrado elegido.



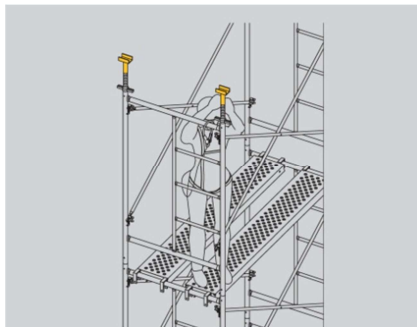
Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje del equipo de protección individual.	<p>Una vez se termine el trabajo de montaje de la cimbra y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje.</p> <p>Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
Comprobación del montaje del sistema.	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

Una vez se haya hormigonado el forjado y la dirección técnica de la obra así lo estime se llevará a cabo del desmontaje primero del encofrado y todos sus elementos y posteriormente el de la cimbra según se especifica a continuación.

FASE DESMONTAJE TIPO A (Desmontaje Vertical)	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Desmontaje de Cabezales y husillos del último nivel	<p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p> <p>Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el desmontaje de la cimbra.</p> <p>Además los trabajadores llevarán el resto de EPI necesarios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje de la cimbra.</p>

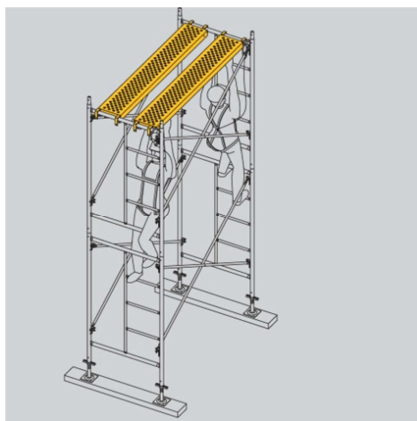




Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje el último módulo.

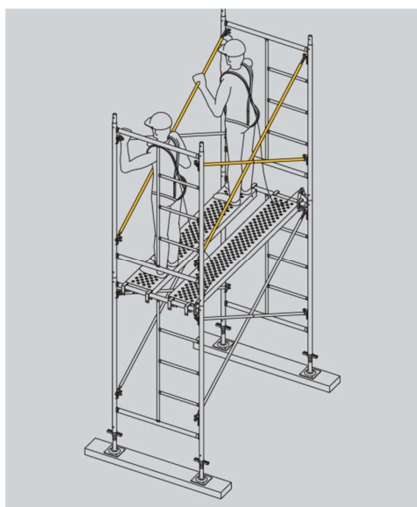
Desmontar las diagonales y a continuación los Marcos extrayéndolos de los que hay en el nivel anterior.  
Quitar las Plataformas del nivel superior y colocarlas en el inferior.



Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje del resto de niveles.

Repetir la secuencia desmontando diagonales, marcos y trasladando las plataformas al nivel inferior hasta desmontar totalmente la cimbra.



Fuente: Catálogo Ulma.

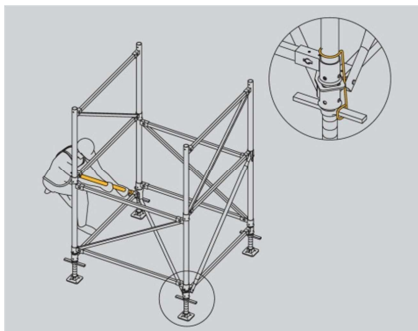
Desmontaje de la placa base

Desmontar los Marcos extrayéndolos de los Husillos y, posteriormente, quitar los Husillos de nivelación y las Placas Base.

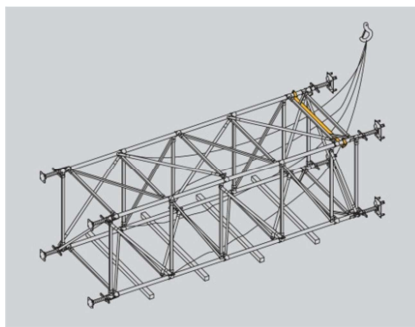
Comprobaciones.	<p>Una vez se termine el trabajo de desmontaje de la cimbra y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje.</p> <p>Una vez terminado el descimbrado, los operarios deberán comprobar que los <b>sistemas de protección de borde</b> siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos.</p> <p>Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
-----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Estos han sido los trabajos de montaje y desmontaje de lo que se ha dado por denominar en este trabajo cimbras tipo A, una vez visto éstas se va a pasar a estudiar el montaje y desmontaje de las cimbras tipo B, que se emplean no solo cuando se supera la altura de los puntales si no también cuando el exceso de carga del forjado es superior a lo que pueden soportar los puntales o el sistema de cimbra tipo A.

Dentro del tipo B de cimbra se encuentran numerosos sistemas, en este caso se van a ver las que normalmente se utilizan en encofrados de edificación, ya que existen gran variedad de tipos para obra civil, en función de las cargas que transmitan. Con este tipo de cimbra se pueden utilizar sistemas de encofrado flexible de vigas de madera o de mesa autoportante, ambos tipos se verán en el apartado siguiente.

FASE DE MONTAJE CIMBRA TIPO B (Montaje tumbado).	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Colocación de los Husillos	Esta operación se realizará en un lugar seguro de la obra que se denominará zona de premontaje. En la zona de premontaje se colocaran los cuatro Husillos y los cuatro Tubos con Disco.
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	

<p>Montaje del primer módulo.</p>	<p>Montaje de los cuatro brazos sobre los Tubos de Disco formando una estructura horizontal cuadrada.</p> <p>Montaje de los cuatro pies.</p> <p>Unión de los Pies por medio de cuatro brazos y cuatro Diagonales, una en cada cara.</p> <p>Las Diagonales, los brazos y los pies quedarán fijados por medio de bulón y pasador.</p> <p>Colocar cuatro seguros de husillo en los pies de la torre para que ambos elementos queden fijados.</p>
<p>Tumbado de la torre.</p>	<p>Esta operación se realizará sobre uno durmientes o tacos de madera que se irán colocando en el suelo cada 2 m.</p>
<div data-bbox="604 712 1024 1061" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="715 1066 919 1088">Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
<p>Colocación del resto de módulos.</p>	<p>Continuar montando la torre de Cimbra hasta alcanzar la cota deseada. Colocar los Cabezales y regular los Husillos.</p> <p>Colocar los Bulones y Pasadores cada vez que se coloque un elemento.</p> <p>Si es necesario colocar una plataforma en el último modulo se realizará en este momento.</p>
<div data-bbox="604 1364 1024 1682" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="715 1686 919 1709">Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
<p>Elevación de la torre de cimbra.</p>	<p>Amarrar un Tubo con Abrazaderas en la parte superior de la torre interiormente a la misma, para que las cinchas apoyen en este Tubo en la operación de izado.</p> <p>Para izar la torre se encincha tumbada desde los primeros Marcos en cuatro puntos para que después del izado se pueda proceder a su retirada desde el suelo.</p>



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación de la cimbra en su lugar definitivo.	<p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p> <p>Izar la torre y colocar en la zona de montaje definitiva sobre unos durmientes, después realizar el ajuste y nivelación de la torre.</p> <p>La regulación de la torre se realizará por medio de los husillos superiores e inferiores.</p> <p>Se tendrá en cuenta que las cimbras se deben arriostrar según indique el fabricante.</p> <p>Una vez finalizado el trabajo los operarios deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
Comprobación del montaje del sistema.	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

El desmontaje de este sistema es bastante sencillo consistiendo básicamente en tumbar nuevamente la torre de cimbra, en una zona segura de la obra y proceder en orden inverso a su desmontaje. El procedimiento más complejo, en todo caso, será sacar la cimbra de la zona de encofrado tanto para su colocación en otro encofrado como para su desmontaje definitivo. Por ello a continuación se va a tratar de exponer cuáles serían las fases necesarias para su desplazamiento.

FASE DESPLAZAMIENTO Y DESMONTAJE TIPO B	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Desmontaje de protecciones colectivas.	<p>Eliminación de las protecciones perimetrales de borde u otras protecciones colectivas existentes en la zona por donde se sacaran las torres de cimbra. El resto de la planta tiene que permanecer con su <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p> <p>Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el proceso.</p> <p>Además los trabajadores llevarán el resto de EPI necesarios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje de la cimbra.</p>

<p>Desplazamiento de Torre de cimbra hasta el borde del forjado.</p>	<p>Se acopla a la torre de cimbra algún medio auxiliar (ruedas de desplazamiento, carro lateral, etc.), con el que ésta se pueda desplazar. La Torre se desplazará hasta el borde del forjado.</p>
<div data-bbox="678 360 946 831" data-label="Image"> </div> <p>Fuente: Catálogo Doka.</p>	
<p>Desplazamiento con la grúa. (en el caso de desplazamiento para desmontaje)</p>	<p>Comprobar que las piezas inferiores, superiores y todos los nudos intermedios permanecen fijadas. Enganchar la eslinga de la grúa exclusivamente en los nudos de cada pieza. Nunca en la cruceta diagonal.</p>
<div data-bbox="722 1048 900 1339" data-label="Image"> </div> <p>Fuente: Catálogo Doka.</p>	
<p>Desplazamiento con la grúa. (en el caso de desplazamiento para nuevo encofrado)</p>	<p>Comprobar que las piezas inferiores, superiores y todos los nudos intermedios permanecen fijadas. Enganchar la eslinga de la grúa en la barra de desplazamiento colocada en la mesa de encofrado. (Utilizar este sistema preferentemente cuando se utilicen mesas autoportantes. De lo contrario todo el sistema de encofrado deberá encontrarse fijado con escuadras de unión)</p>
<div data-bbox="576 1659 1046 2002" data-label="Image"> </div> <p>Fuente: Catálogo Doka.</p>	

Colocación de la Cimbra en su nueva ubicación.	En el caso en los que la cimbra no se necesite nuevamente se procederá a su desmontaje en orden inverso al de montaje. Si es necesario para un nuevo encofrado se desplazará hasta su nueva ubicación siguiendo los pasos de montaje indicados anteriormente.
Comprobaciones.	Una vez se termine el trabajo de desplazamiento de la cimbra y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Una vez terminado el desplazamiento de la cimbra, los operarios deberán colocar nuevamente los <b>sistemas de protección de borde</b> en su lugar original. Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.

### 3.2.2. Mantenimiento y almacenamiento.

Un adecuado almacenamiento de los elementos de la cimbra es fundamental para su conservación, por lo que todas las piezas se deben almacenar de forma segura, limpia y teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante. Las condiciones óptimas de almacenamiento son:

- Colocar las piezas de igual tipo y dimensiones en elementos diseñados exclusivamente para ellos (cestones, palets, cajas,...).
- Se colocarán los flejes con la presión suficiente para que evite el desplazamiento de las piezas. Los elementos se protegerán de la presión excesiva de los flejes mediante protectores.
- No se golpearán las piezas durante el desplazamiento del material.

Para un correcto mantenimiento únicamente se tienen que utilizar piezas de recambio del mismo fabricante. Debiendo hacerse estas reparaciones por el mismo fabricante o por un establecimiento autorizado.

Las torres de cimbra deberán revisarse antes de su puesta en servicio, periódicamente, y tras cualquier modificación, periodo de no utilización, accidente o cualquier otra circunstancia que pueda afectar a su resistencia o estabilidad. Sobre todo después de días lluviosos o con gran viento, o tras someter el cimbrado a cargas elevadas y, en general tras solicitudes que exijan esfuerzo adicional a los componentes.

Los materiales utilizados han de ser de buena calidad, mantenidos y en buen estado. Los tubos metálicos no deben haber sido utilizados para otros cometidos o estar deteriorados por la oxidación o corrosión.

### **3.2.3. Marcado.**

Al igual que ocurre con los puntales a las torres de cimbra no se le aplica el marcado CE, por no existir, tampoco, legislación sobre comercialización de estos productos. Pero sí se debe garantizar su seguridad, de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos.

Como mínimo las piezas que integran el sistema de cimbrado deberán llevar reflejada la siguiente información:

- Nombre o marca comercial del fabricante del sistema.
- Año de fabricación.
- Código de cada pieza.
- Denominación comercial de la pieza.

## **4. Sistemas de Encofrado Horizontal.**

Un encofrado es un molde formado por tableros o chapas de madera o metal que contiene y delimita al hormigón fresco, además permite la colocación de las armaduras de acero y su recubrimiento, consiguiendo después de producirse su fraguado, la formación de los elementos de hormigón estructural realizados in situ, los cuales constituyen la estructura de un edificio. Durante el proceso de fraguado o de endurecimiento el hormigón es plástico, permaneciendo en este estado durante varias horas. Esto hace que sea necesario mantener el hormigón con la forma que se desee, hasta el momento en que la cohesión interna del hormigón sea suficiente para asegurar la forma proyectada. Por ello el encofrado que en realidad es un molde, junto a su sistema de sustentación, visto en el apartado anterior, es el elemento que ha de servir como apeo estructural hasta que el hormigón adquiera la resistencia adecuada y se puedan iniciar los trabajos de desencofrado, es decir desmontaje del encofrado.

Debido a la función que debe cumplir de molde del hormigón, el encofrado tiene que ser un elemento estanco a las posibles fugas de agua o lechada que puedan existir entre los paneles de encofrado o los moldes y además evidentemente debe dar forma al hormigón. También tiene que estar compuesto por materiales que tengan una resistencia adecuada para favorecer la transmisión de las cargas mientras el hormigón permanezca en estado plástico.

Tradicionalmente los encofrados se han venido ejecutando con madera, lo que hacía que la tarea de encofrar fuera una actividad más bien artesanal y de lenta ejecución. Actualmente la necesidad de acortar los tiempos de ejecución y por lo tanto los costes, unidos a la forma más modular y repetitiva que tiene la construcción hoy en día, hace que se hayan desarrollado los encofrados industrializados y reutilizables. Con estos nuevos tipos de encofrados se han incorporado nuevos materiales como son el acero, el aluminio, el plástico y otros derivados de la madera. Por lo tanto, atendiendo a los materiales y a los sistemas empleados en su confección, los encofrados pueden clasificarse en dos tipos, tradicionales e industrializados.

Seguidamente se va a tratar de describir en que consiste cada uno de ellos y en los subtipos que se pueden encontrar en el mercado, para terminar especificando las normas que deben cumplir para tener un correcto mantenimiento, indicando además si disponen de algún tipo de marcado.

#### **4.1. Encofrados Tradicionales.**

Los encofrados tradicionales son los realizados de manera artesanal por los propios encofradores en la misma obra. El material empleado es la madera, mediante la utilización de tablones, tablas, tabloncillos, tornapuntas, etc. Los elementos que conforman este tipo de sistemas se cortan a medida en la obra y se unen hasta que se da forma al encofrado, debiendo también tener en cuenta su modo de deformarse ante el esfuerzo y la humedad. Además de estos elementos se utilizan puntales y latiguillos de alambre, que sirven para soportar los esfuerzos que produce el hormigón fresco sobre el encofrado.

Su uso es cada vez menor debido a los bajos rendimientos que se obtienen. Aunque en obras de poca o mediana importancia, donde los costes de mano de obra son menores que los del alquiler de encofrados modulares, todavía se puede encontrar. Dada su flexibilidad para producir



casi cualquier forma, también se puede encontrar en combinación con otros sistemas de encofrado.

Imagen 4.4.1. Encofrado tradicional de madera.



Fuente: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>

#### **4.2. Encofrados Industrializados.**

Hoy en día, es más habitual emplear sistemas industrializados, constituidos por piezas de formas y medidas predeterminadas, fabricadas en taller, generalmente, por empresas especializadas, que se montan en la obra para configurar el encofrado. La gama de materiales empleados es muy variada, predominando la madera y sus derivados (aglomerados, contrachapados, etc.), el acero y el aluminio, aunque es posible encontrar aplicaciones realizadas con cartón tratado, poliéster, PVC, etc. Este tipo de encofrados se puede subdividir, a su vez, en encofrados especiales o estandarizados.

Los primeros son aquellos realizados para su utilización en una obra en concreto, no siendo fácil su reutilización en otras obras u otros tajos dentro de la misma obra. Su uso se limita casi exclusivamente a geometrías complicadas o dimensiones fuera de lo habitual. En cuanto a los sistemas de encofrados estandarizados, están fabricados por las empresas especialistas del sector, las cuales mediante la combinación de las distintas piezas de un sistema determinado, permiten adaptarse a la mayoría de las geometrías y dimensiones que habitualmente se presentan en obra.

Finalizada la obra, los encofrados pueden volver a desmontarse y reutilizarse en una nueva obra, completamente distinta a la anterior. La práctica totalidad de los fabricantes de encofrados ponen a disposición de los constructores dos tipos de encofrados estandarizados que son encofrados modulares y encofrados a medida.

Los **encofrados estandarizados modulares** están formados por paneles de encofrado de diversas medidas que se unen entre sí para formar paños mayores. Los paneles son generalmente rectangulares y están constituidos por un bastidor metálico y una superficie encofrante de contrachapado con un tratamiento superficial realizado a base de resinas fenólicas. Los elementos de conexión de los paneles, dependiendo de los fabricantes y sistemas, pueden ser grapas, cerrojos, clips, etc.

Los **encofrados estandarizados a medida**, también conocidos como encofrados de forma, son la evolución e industrialización del encofrado tradicional. El fabricante, en este caso, suministra al usuario un conjunto de elementos que permiten a este confeccionar, a pie de obra, los paños de encofrado a la medida exacta de su obra. Permiten realizar geometrías más complejas y mejores acabados que los modulares. Los elementos principales constitutivos de ese tipo de encofrados son vigas, correas o riostras, contrachapados fenólicos, elementos de unión de las piezas que conforman un módulo o paño de encofrado y elementos de conexión de los módulos entre sí. Dentro de este grupo se pueden encuadrar los encofrados tipo mecano, específicos para la ejecución de forjados.

En ambos casos, los encofrados estandarizados pueden complementarse con las protecciones colectivas, dando lugar a los **encofrados con seguridad integrada o mesas autoportantes**. Éstos son encofrados en los que se suministran paños encofrantes completamente montados con todos sus elementos de seguridad colectiva incorporados. Están diseñados de tal modo que para su transporte y almacenamiento, todos los elementos que los componen permanecen plegados, desplegándose posteriormente para su puesta en obra.

Los encofrados de edificación se pueden clasificar en cinco tipologías de encofrados industrializados:

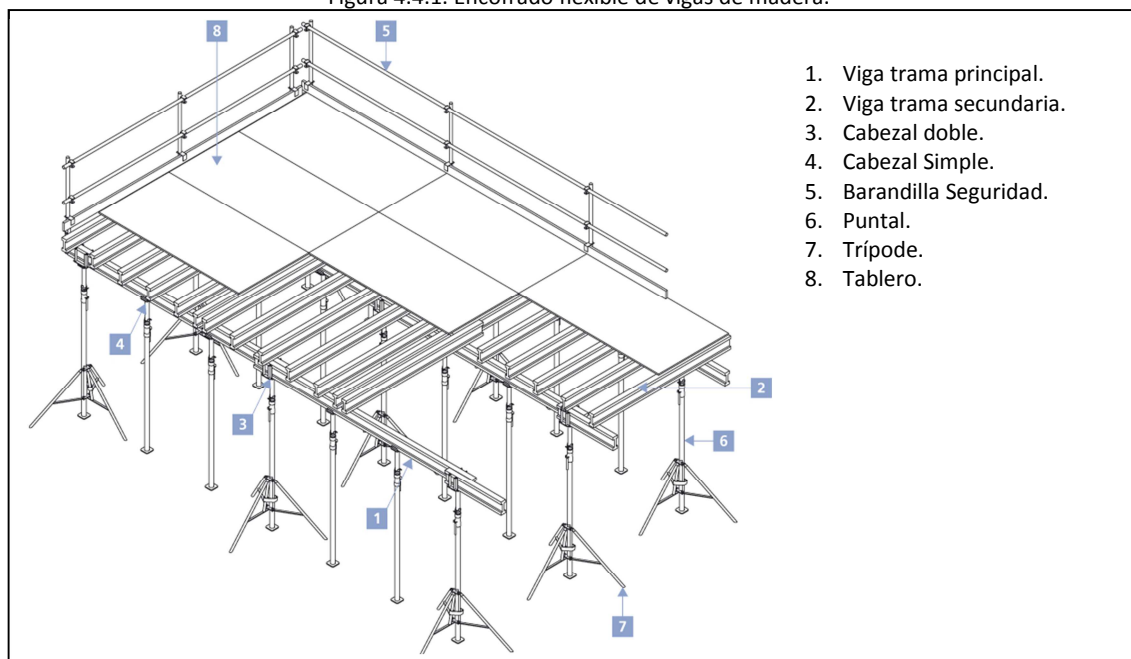
- Encofrado flexible de viga de madera.
- Encofrado tipo mecano.
- Encofrado ligero modular.
- Encofrado de mesas autoportantes.
- Encofrado con seguridad integrada.

A continuación se van a especificar los componentes que constituyen estos sistemas, prestando especial atención a los procedimientos de montaje y desmontaje que se deben seguir con cada uno de ellos. Aunque teniendo en cuenta, como se mencionó en la introducción a este capítulo, que debido a la existencia de un gran número de medidas de protección que pueden ser utilizadas, no se especificará concretamente cual realizar, sino la familia de protecciones colectivas que se debe emplear. Durante la explicación de los procesos de montaje y desmontaje se hará referencia a los puntales como sistema de apeo, ya que es el más utilizado en edificación.

#### 4.2.1. Encofrado flexible de vigas de madera.

Es un encofrado horizontal que se puede integrar dentro del grupo de estandarizados a medida, por lo que se puede utilizar para realizar cualquier tipo de forjado, tanto macizo como aligerado, formado por una superficie encofrante (tablero de madera en la gran mayoría de los casos), apoyada y fijada sobre un nivel de vigas secundarias de madera que se encuentran apoyadas sobre otro nivel principal, también de vigas de madera, que transmiten las cargas a la superficie de apoyo a través de unos puntales. Su característica principal es que se pueden adaptar fácilmente a cualquier geometría que tenga el forjado, ya que está formado por vigas independientes, las cuales no tienen una separación prefijada. Se aplican en geometrías irregulares, complementando otros sistemas de encofrado para la realización de remates o sobre cimbra cuando se emplean a grandes alturas.

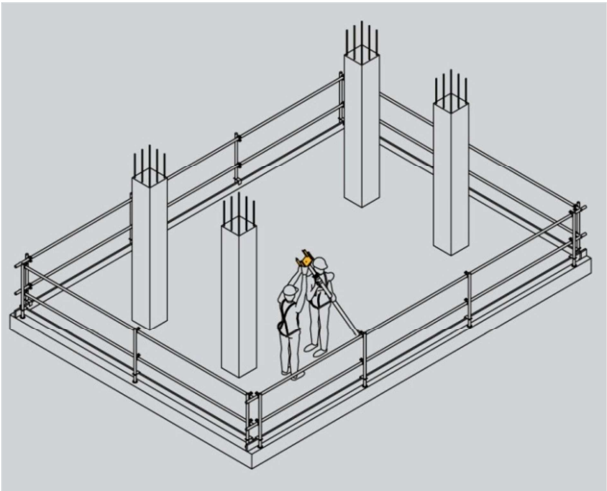
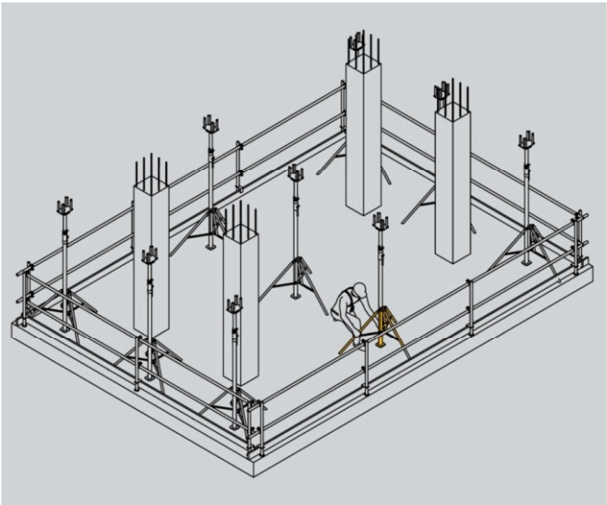
Figura 4.4.1. Encofrado flexible de vigas de madera.



Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

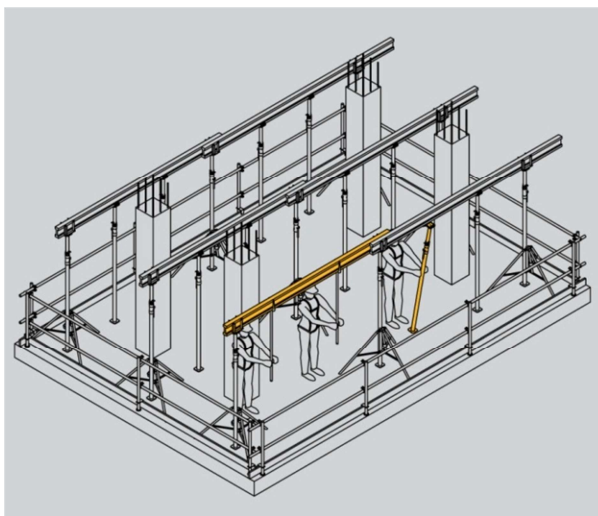
#### 4.2.1.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

A continuación se expone el procedimiento básico de montaje que debe seguir un encofrado flexible de vigas de madera, con lo que se adquiere un mejor conocimiento de su funcionamiento.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Insertar el cabezal en la parte superior de los puntales.	Esta operación se realizará en un lugar seguro de la obra.
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Realizar un replanteo de vigas de tramada principal según plano de proyecto.	<p>Situar los puntales estabilizados y aplomados mediante la utilización de trípodes y siguiendo las líneas de replanteo de los planos de montaje.</p> <p>Los puntales se colocarán siguiendo las instrucciones expuestas en el apartado 3.1.1.</p> <p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	

Colocación de vigas de tramada principal.

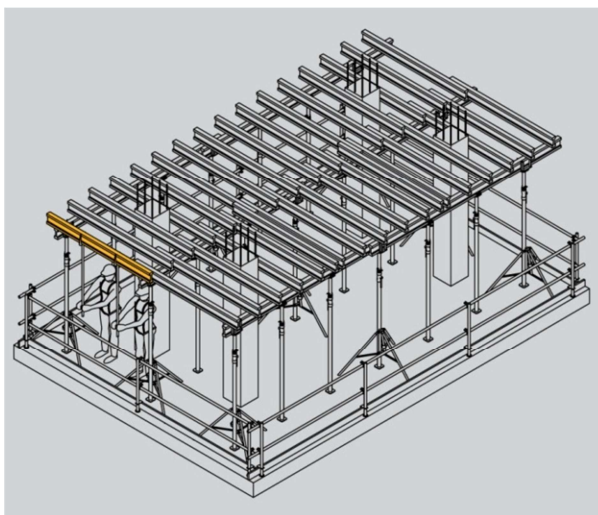
Colocar la viga apeando cada una de ellas con dos puntales en sus extremos y cabezales dobles. Estabilizarlos utilizando los trípodes. Colocar los puntales intermedios con el cabezal simple y siguiendo las especificaciones anteriores. Las vigas se posicionarán sobre el cabezal utilizando algún elemento específico o mediante un medio auxiliar (torre móvil).  
*Si el sistema de protección de borde que se va a utilizar es una barandilla, los extremos exteriores de las vigas deberán disponer de las piezas inferiores de anclaje para los pies de barandilla.*



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación de vigas de tramada secundaria.

Colocar las vigas a la separación indicada en los planos de montaje. Las vigas se posicionarán sobre el cabezal utilizando algún elemento específico o mediante un medio auxiliar (torre móvil).  
*Si el sistema de protección de borde que se va a utilizar es una barandilla, los extremos exteriores de las vigas deberán disponer de las piezas inferiores de anclaje para los pies de barandilla.*



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocar los tableros.

Mientras que la superficie a encofrar sea accesible desde la planta inferior se podrá utilizar un medio auxiliar (torre móvil) para colocar los tableros.

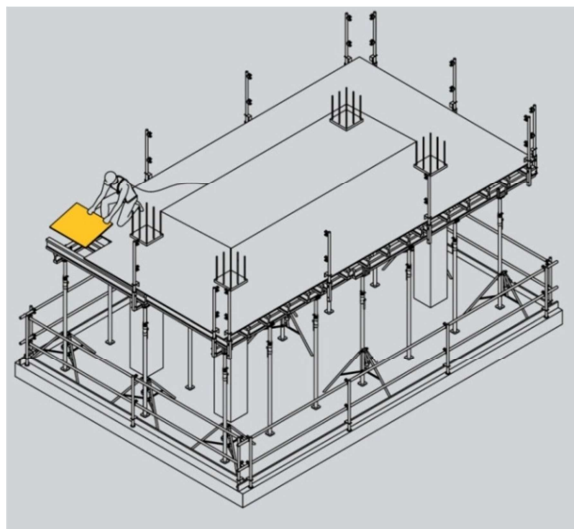
Cuando se tengan que colocar los tableros desde la misma superficie a encofrar se deberán adoptar **medidas de protección colectiva** o en su defecto de **protección individual**.

En cualquier caso, siempre que los tableros a colocar sean los correspondientes a los bordes del encofrado y no exista una protección colectiva que garantice la seguridad de los trabajadores será necesario utilizar un **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros.

Asegurarse que los puntales están correctamente colocados y no les llega ninguna carga horizontal. Debe vigilarse la limpieza de las superficies del encofrado antes de proceder a la colocación de los materiales que forman parte de la estructura.

No utilizar el encofrado como plataformas de acopio de materiales, cargando zonas puntualmente. Realizar siempre reparto de carga distribuyendo el material uniformemente.

La comunicación entre la plataforma de trabajo que forma el encofrado y la planta inferior se realizará a través de un medio auxiliar (escalera de mano).



Fuente: Catálogo Ulma.

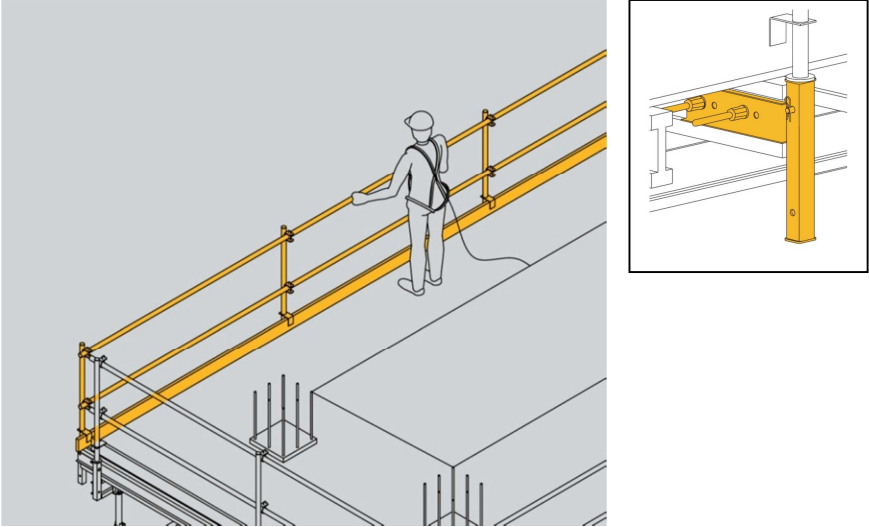
Proteger el perímetro del encofrado.

Cerrar el perímetro mediante un **sistema perimetral de protección de borde**.

Los trabajadores deberán estar dotados de **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros durante la realización de este trabajo.

*Si el **sistema perimetral de protección de borde** es una barandilla los extremos de las vigas exteriores deberán disponer de la pieza especial de anclaje para poder introducir fácilmente los pies de las barandillas.*

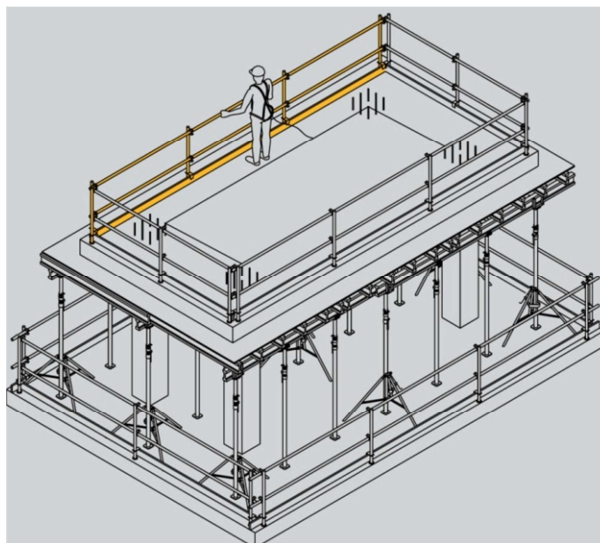
*Si alguna viga no tiene dicho anclaje este siempre se colocará desde la planta inferior con la ayuda de un medio auxiliar (torre móvil).*

 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Desmontaje del equipo de protección individual.	<p>Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje.</p> <p>Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
Comprobación del montaje del sistema.	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

Una vez haya sido ejecutado el forjado y el hormigón haya alcanzado la resistencia adecuada se procederá a desmontar el molde. Este procedimiento se realizará únicamente cuando así lo confirme la dirección técnica de la obra.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
<p>Retirar las protecciones perimetrales del encofrado y colocarlas en la losa de forjado ya ejecutada. (Esta operación se realizará en el caso de que las protecciones perimetrales de borde sean barandillas).</p>	<p>Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el desmontaje de las protecciones perimetrales.</p> <p>Además los trabajadores llevarán el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del encofrado.</p> <p>Una vez modificada la posición de las protecciones de borde, el resto de trabajos se efectuará desde la planta inferior, por lo que si no existe riesgo de caída de altura los trabajadores podrán quitarse el <b>EPI contra caídas de altura</b>.</p>

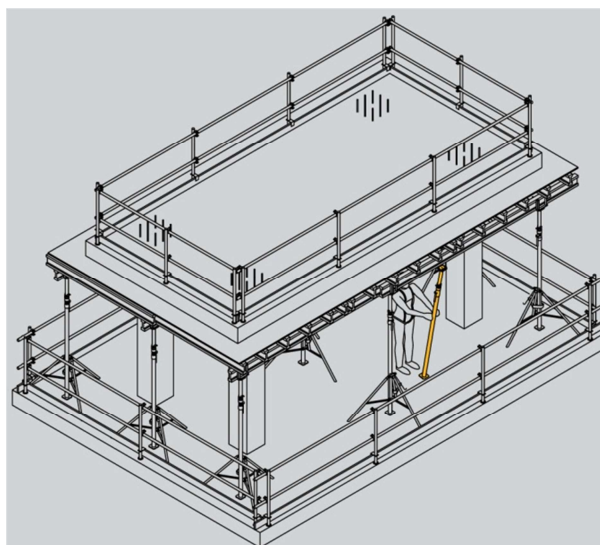




Fuente: Catálogo Ulma.

Se procede a descargar los puntales intermedios con los cabezales simples.

Antes de comenzar los trabajos en la planta inferior, los operarios comprobarán que están todas las **protecciones de borde** colocadas. Estudiar el proceso de desencofrado, para evitar sobrecargas en Puntales. Para retirar los Puntales no es necesario extraer completamente el cabezal simple del puntal, basta con aflojarlo y girarlo lateralmente.



Fuente: Catálogo Ulma.

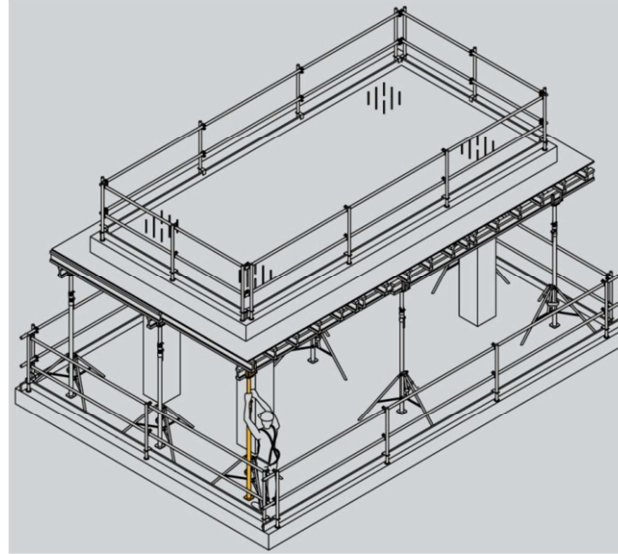
Aflojar el resto de puntales

Para que las vigas de la tramada principal descendan será suficiente con aflojar los puntales 5 cm.

Para seguir los procedimientos de desmontaje de los puntales se deberán seguir las instrucciones indicadas en el apartado 3.1.1.

Se deberán tomar las precauciones adecuadas para que no se produzcan caídas de elementos a distinto nivel.





Fuente: Catálogo Ulma.

Retirar las vigas de la tramada secundaria

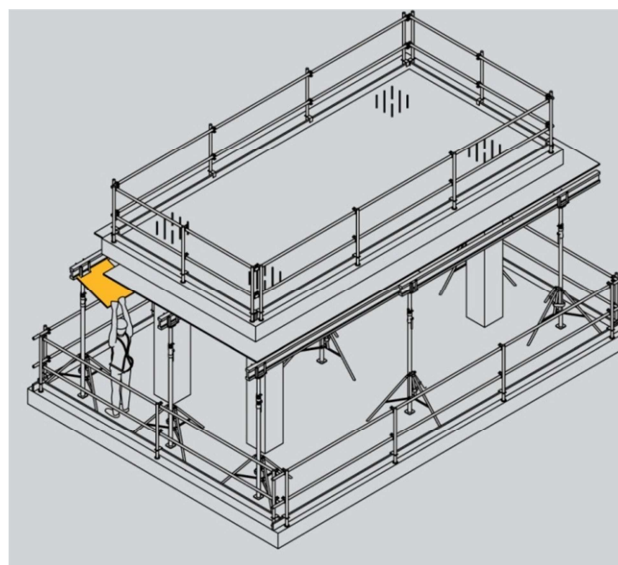
Girar las vigas de segunda tramada sobre las de la primera para extraerlas, dejando las que van en las juntas de panel.

Retirar los tableros.

Retirar los paneles junto con las vigas de segunda tramada que han quedado apeándolos.

Esta etapa de trabajo al igual que la anterior, se realizará utilizando algún elemento específico o mediante un medio auxiliar (torre móvil).

No pueden apoyarse los materiales procedentes del desencofrado sobre los elementos que constituyen los **sistemas provisionales de protección de borde**.



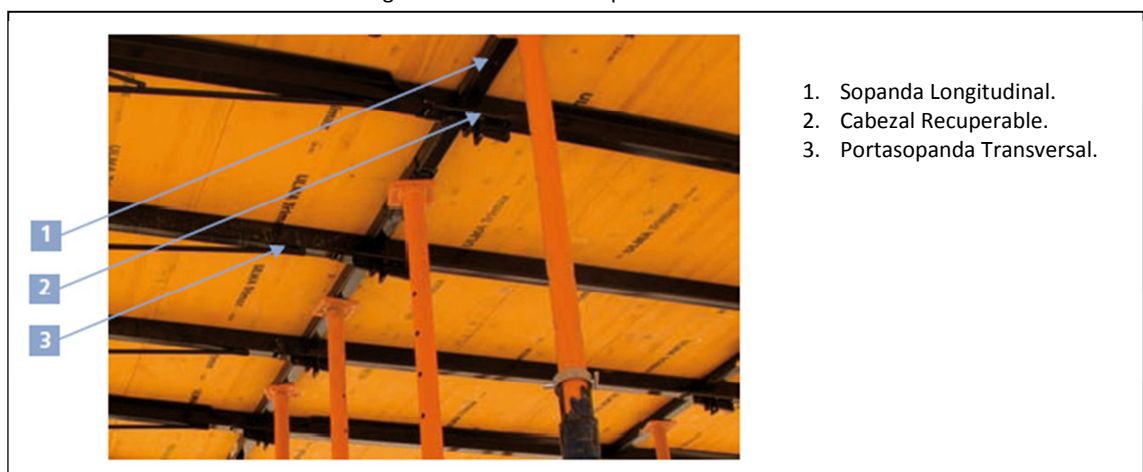
Fuente: Catálogo Ulma.

<p>Terminar de desmontar el resto del encofrado</p>	<p>Se deberá de desmontar el resto de elementos del encofrado, por este orden; las vigas de primera tramada, los cabezales dobles, los puntales y trípodes.</p> <p>Una vez terminado el desencofrado, los operarios deberán comprobar que los <b>sistemas de protección de borde</b> siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos de desencofrado.</p> <p>Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.</p> <p><i>Si existen como medidas de protección colectiva redes de seguridad, una vez terminado el desencofrado deberán revisarse los paños de red, siendo sustituidos los que estén afectados por caídas de material.</i></p>
-----------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### 4.2.2. Encofrado tipo mecano.

Es el sistema de encofrado comúnmente empleado en edificación, debido entre otras cosas a su fácil montaje y a que es adaptable a cualquier superficie, formando una base plana y resistente que posibilita ejecutar todo tipo de estructuras horizontales como son, forjados planos de hormigón aligerado o macizos, vigas de cuelgue, capiteles, etc. Su sistema de montaje consiste en un mecano en forma de retícula metálica (acero, aluminio), que actúa como estructura portante y sobre el que posteriormente se colocan los tableros de madera maciza o paneles fenólicos que forman la superficie encofrante. Esta retícula metálica, encargada de transmitir las cargas al forjado o solera de la planta inferior, está formada por correas o sopandas longitudinales y portacorreas o portasopandas transversales sujetadas por medio de puntales. También existe la posibilidad de diseñarlo con sistemas de cimbras como estructuras de sustentación.

Figura 4.4.2. Encofrado tipo mecano.

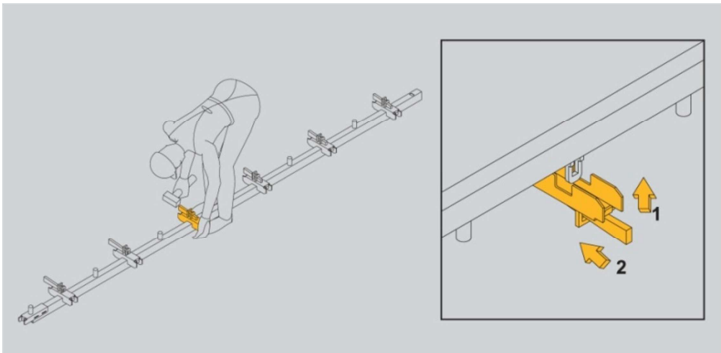


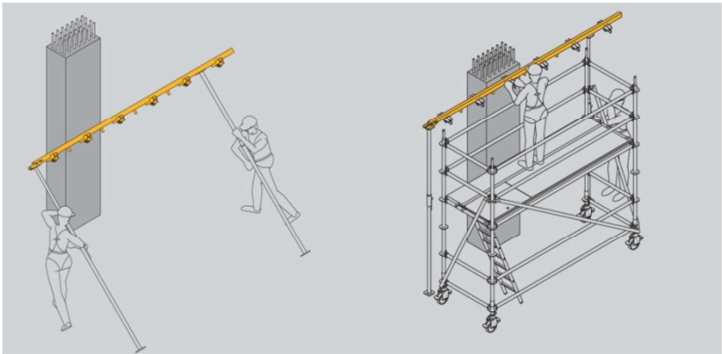
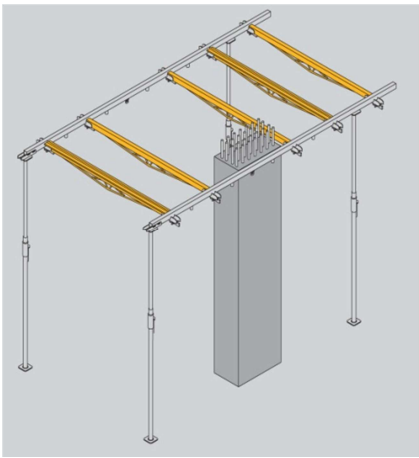
Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

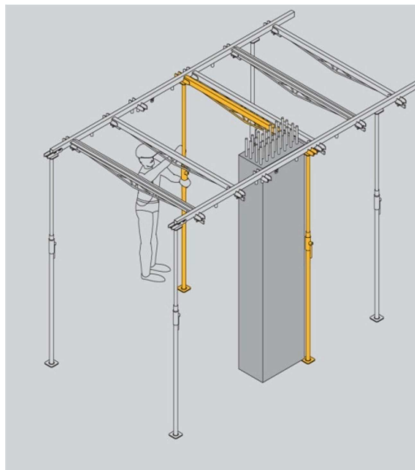
Este sistema se aplica en la ejecución de edificios de varias plantas y también para plantas de grandes dimensiones, en las que sea conveniente hormigonar en varias fases, ya que permite un aprovechamiento máximo del material, al ser necesario todo el sistema completo únicamente para el encofrado de la planta o fase en ejecución, mientras que para el resto de plantas ya ejecutadas y en proceso de fraguado, basta con dejar las sopandas longitudinales y los puntales necesarios, sin que estos se hayan tenido que desplazar o mover, evitando de este modo deformaciones innecesarias.

#### 4.2.2.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

El proceso de montaje del sistema tipo mecano y sus puntos clave de seguridad serán los que se especifican a continuación.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Colocación de los cabezales recuperables sobre la sopanda longitudinal.	<p>Se sitúan la sopanda longitudinal en el suelo con las orejas hacia arriba para colocar los cabezales recuperables en toda su longitud.</p> <p>Se fijan los cabezales recuperables golpeando la cuña.</p> <p>Esta operación se realizará en un lugar seguro de la obra.</p> <p><i>Si el <b>sistema de protección de borde</b> que se va a utilizar es una barandilla, se deberán colocar en este momento los cabezales de seguridad o las piezas inferiores de anclaje cada 2 m. Estos elementos servirán posteriormente para introducir los pies de barandilla.</i></p>
	
Fuente: Catálogo Ulma.	

<p>Colocación de la primera sopanda longitudinal</p>	<p>Amarrar la primera sopanda longitudinal alrededor de un pilar, para que el sistema sea estable desde el comienzo de su montaje.</p> <p>Se eleva el Longitudinal, con sus cabezales correspondientes, con la ayuda de 2 puntales.</p> <p>Los trabajos de nivelación de las sopandas se realizarán utilizando una torre móvil. En ningún caso se realizará con una escalera de mano.</p> <p>En el caso de forjados unidireccionales las sopandas longitudinales se colocarán de forma perpendicular a la dirección de las viguetas del forjado.</p> <p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
<p>Colocación de la segunda sopanda longitudinal y de las primeras transversales.</p>	<p>Se suspenden del longitudinal los transversales. Seguidamente, se coloca a la par del primer longitudinal otro longitudinal apoyado en 2 puntales.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
<p>Colocación de portasopandas transversales en zonas de pilares.</p>	<p>Se colocan, con la ayuda de cabezales desplazables y puntales, aquellas portasopandas transversales que interfieren con los pilares y no se pueden colocar en su correspondiente cabezal recuperable.</p>



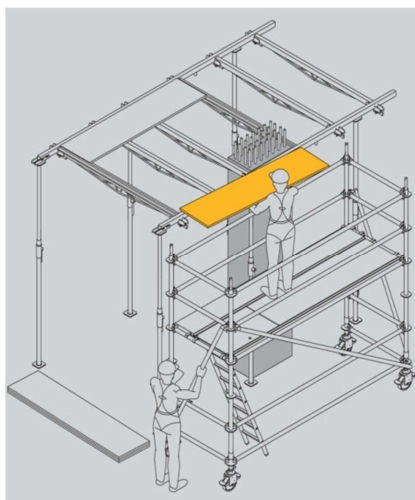
Fuente: Catálogo Ulma.

Colocar tableros en zona de pilares.

Se coloca un tablero en la zona del pilar para estabilizar la estructura.

El tablero debe colocarse desde una torre de andamio móvil o de trabajo. Si no se pudiera, esta operación se realizará desde la parte superior de la estructura del encofrado, adoptando para ello las correspondientes **medidas de protección colectiva** o en su defecto un **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros.

*Si finalmente se adopta la solución del EPI, el operario no se soltará del punto fijo o anclaje hasta que no se termine con esta etapa del trabajo y desaparezca el riesgo de caída de altura.*



Fuente: Catálogo Ulma.

Montaje con el resto de las sopandas longitudinales.

Se continúa montando sopandas longitudinales, ensamblándolas por las ventanas de unos y las lengüetas del cabezal de los otros con la ayuda de un puntal.

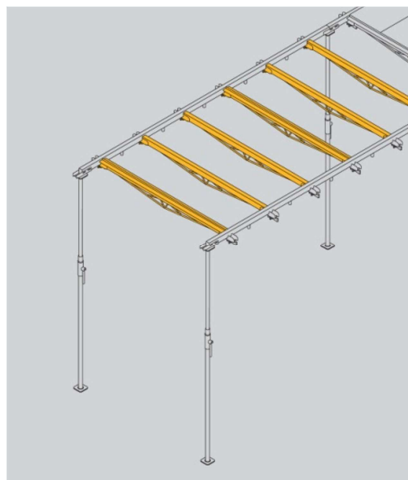
Asegurarse que el puntal está extendido aproximadamente a la altura necesaria.



Fuente: Catálogo Ulma.

Montaje del resto de portasopandas transversales.

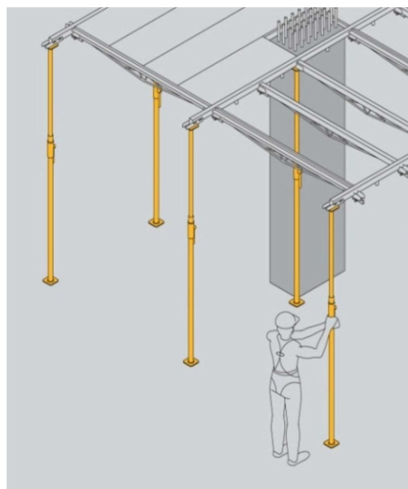
Lo mismo se hace con el Longitudinal parejo. Después se podrán ir colocando los transversales correspondientes prestando atención al orden, ya que se debe colocar un transversal esquinual cada 2 m (medida correspondiente a los tableros). Los demás transversales serán Intermedios.



Fuente: Catálogo Ulma.

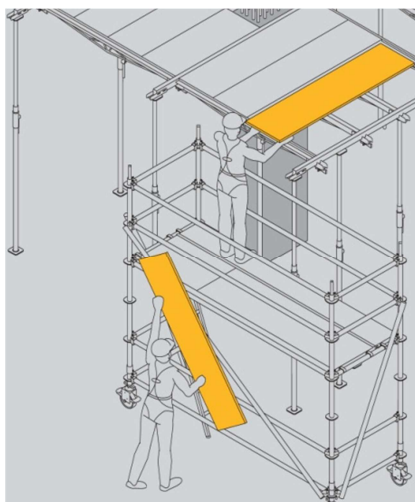
Nivelación del encofrado.

Una vez montado el mecano, se procede a nivelar el encofrado, con la ayuda de niveles y del topógrafo de obra.





Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación del resto de puntales	<p>Se colocan los Puntales restantes tan sólo conectándolos en los enchufes del longitudinal, a la altura adecuada, y bien aplomados.</p> <p>Los puntales se colocarán siguiendo las instrucciones expuestas en el apartado 3.1.1.</p> <p>La aplicación de la carga sobre el puntal será vertical y centrada. No se aplicarán cargas horizontales al puntal.</p>
Colocación de los tableros	<p>Mientras que la superficie a encofrar sea accesible desde la planta inferior se podrá utilizar un medio auxiliar (torre móvil) para colocar los tableros.</p> <p>Cuando se tengan que colocar los tableros desde la misma superficie a encofrar se tendrá en cuenta que se deberán adoptar <b>medidas de protección colectiva</b> o en su defecto de <b>protección individual</b>.</p> <p>En cualquier caso, siempre que los tableros a colocar sean los correspondientes a los bordes del encofrado y no exista una protección colectiva que garantice la seguridad de los trabajadores será necesario utilizar un <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.</p> <p>Colocar los Tableros de forma segura para que hagan tope en los transversales esquinales.</p> <p>No utilizar el encofrado como plataformas de acopio de materiales, cargando zonas puntualmente.</p> <p>Realizar siempre reparto de carga distribuyendo el material uniformemente.</p> <p>No dejar caer objetos, ni saltar sobre los tableros de encofrado.</p> <p>Debe vigilarse la limpieza de las superficies del encofrado antes de proceder a la colocación de los materiales que forman parte de la estructura.</p> <p>La comunicación entre la plataforma de trabajo que forma el encofrado y la planta inferior se realizará a través de un medio auxiliar (escalera de mano).</p>



Fuente: Catálogo Ulma.

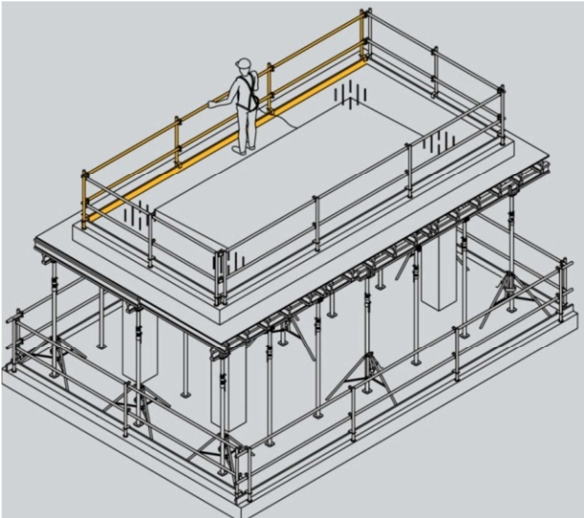
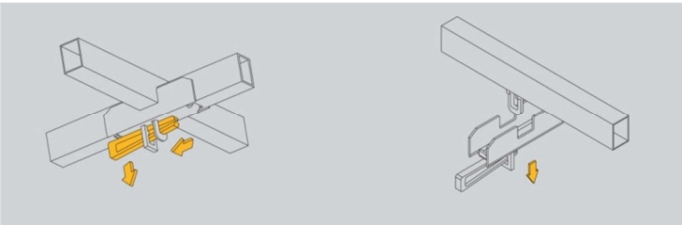
<p>Proteger el perímetro del encofrado.</p>	<p>Cerrar el perímetro mediante un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>. Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante la realización de este trabajo.</p> <p><i>Si el sistema perimetral de protección de borde es una barandilla los extremos de las vigas exteriores deberán disponer de la pieza especial de anclaje para poder introducir fácilmente los pies de las barandillas.</i></p> <p><i>Si alguna viga no tiene dicho anclaje este siempre se colocará desde la planta inferior con la ayuda de un medio auxiliar (torre móvil).</i></p>
 <p>Colocación del Cabezal de Seguridad sobre un Longitudinal intermedio.</p>	 <p>Colocación del Cabezal de Seguridad sobre un Longitudinal de borde o perímetro del encofrado.</p>
<p>Desmontaje del equipo de protección individual.</p>	<p>Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
<p>Comprobación del montaje del sistema.</p>	<p>Una vez montado el sistema, el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

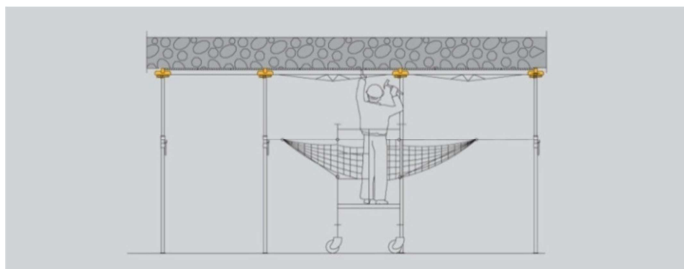
Fuente: Catálogo Ulma.

Con este sistema de encofrado se producen varias fases de desencofrado, en la primera al tercer día de hormigonar el forjado, se puede desmontar el material recuperable (cabezales, sopandas transversales y tableros) de forma que permanecen como apeo del forjado únicamente las sopandas longitudinales con los puntales o cimbra. Para que se puedan eliminar todos estos componentes, a la hora de montar el mecano, las sopandas longitudinales han debido ser dispuestas de forma que queden perpendiculares a las viguetas del forjado (en el caos de forjados unidireccionales).

En una segunda etapa, a los 21, 28 días o en el tiempo que proceda, según las especificaciones de la dirección técnica y el ritmo de ejecución del mismo, se desmontan las sopandas longitudinales que han quedado apeando el forjado con los puntales o cimbra. A continuación se exponen los pasos a seguir durante el desmontaje del encofrado tipo mecano.



FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
<p>Retirar las protecciones perimetrales del encofrado y colocarlas en la losa de forjado ya ejecutada.  <i>(Esta operación se realizará en el caso de que las protecciones perimetrales de borde sean barandillas).</i></p>	<p>Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el desmontaje de las protecciones perimetrales.</p> <p>Además los trabajadores llevarán el resto de EPI necesarios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del encofrado.</p> <p>Una vez modificada la posición de las protecciones de borde, el resto de trabajos se efectuará desde la planta inferior, por lo que si no existe riesgo de caída de altura los trabajadores podrán quitarse el <b>EPI contra caídas de altura</b>.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Desmontaje de los cabezales.	<p>Antes de comenzar los trabajos en la planta inferior, los operarios comprobarán que están todas las <b>protecciones de borde</b> colocadas.</p> <p>Estudiar el proceso de desencofrado, para evitar sobrecargas en Puntales.</p> <p>Desde el suelo, o desde una torre móvil, se sueltan los cabezales recuperables de una hilera de Longitudinales, golpeando con un martillo en la cuña de dichos cabezales, liberándolos así de su posición en las orejas de las sopandas longitudinales.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Desmontaje de las sopandas transversales.	<p>Las sopandas transversales quedan liberadas una vez descolgados de los cabezales recuperables que se sitúan paralelamente a la hilera en la que se ha actuado.</p> <p>Se deberán tomar las precauciones adecuadas para que no se produzcan caídas de elementos.</p>



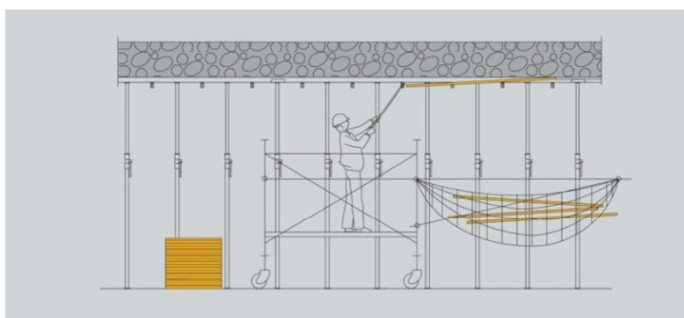
Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje de los tableros.

Seguidamente, con la ayuda de una pata de cabra, se desencofran los Tableros.

No pueden apoyarse los materiales procedentes del desencofrado sobre los elementos que constituyen los **sistemas provisionales de protección de borde**.

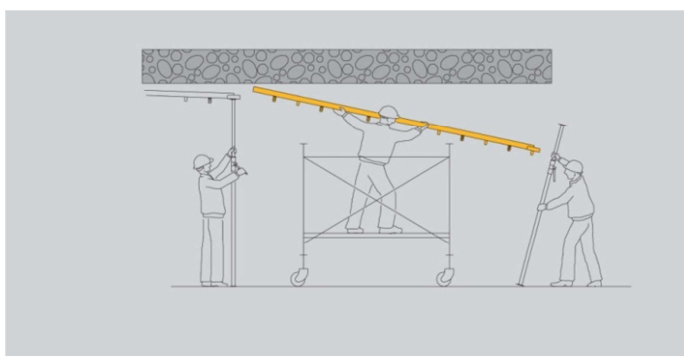
Esta etapa de trabajo al igual que la anterior, se realizará utilizando algún elemento específico o mediante un medio auxiliar (torre móvil).



Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje de las sopandas longitudinales.

Transcurrido el tiempo necesario, se procede a recuperar el Longitudinal junto con el apeo utilizado, sea éste puntal o cimbra.



Fuente: Catálogo Ulma.

Comprobaciones.

Una vez terminado el desencofrado, los operarios deberán comprobar que los **sistemas de protección de borde** siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos de desencofrado.

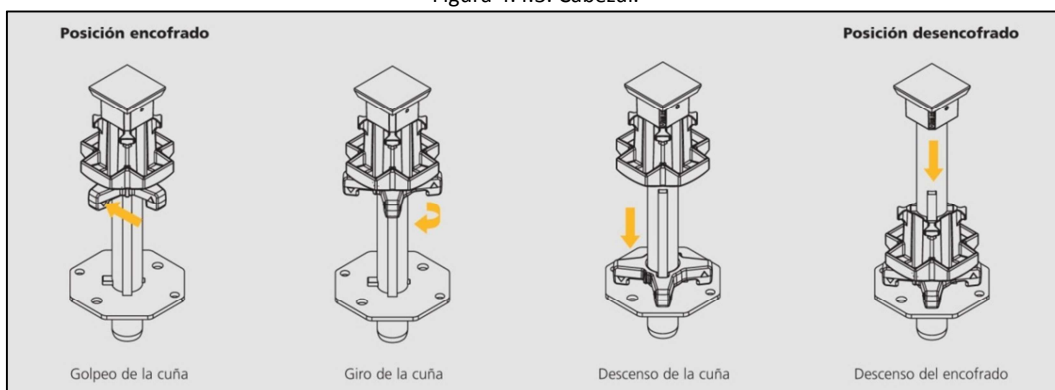
Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.

*Si existen como medidas de protección colectiva redes de seguridad, una vez terminado el desencofrado deberán revisarse los paños de red, siendo sustituidos los que estén afectados por caídas de material.*

### 4.2.3. Encofrado ligero modular.

Es un encofrado recuperable tanto para forjados macizos como aligerados, se caracteriza por la rapidez de montaje y desmontaje, siendo la mayoría de sus elementos de aluminio, así como por la seguridad del trabajador durante el proceso de desencofrado, gracias a un cabezal que permite la recuperación del material de forma segura, con un simple accionamiento del mismo.

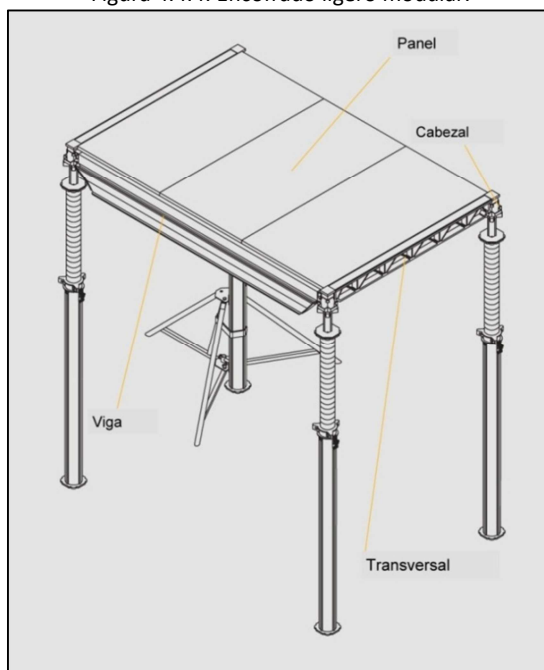
Figura 4.4.3. Cabezal.



Fuente: Catálogo Ulma.

Está compuesto por paneles ligeros apoyados en unas vigas principales y unos perfiles transversales que forman una retícula que a su vez se apoya en unos puntales a través de los cabezales (pudiendo ser de caída o únicamente de apoyo si no se desea recuperar el material a edades tempranas).

Figura 4.4.4. Encofrado ligero modular.

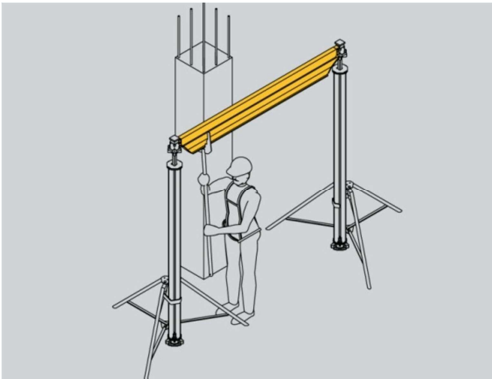


Fuente: Catálogo Ulma.

El sistema de cabezal de caída permite desencofrar después de sólo un día (dependiendo del espesor de losa y de la resistencia del hormigón). Los paneles se desprenden más fácilmente del hormigón y pueden volver a utilizarse de inmediato en el siguiente encofrado. Se reduce así la cantidad de material disponible necesario.

#### 4.2.3.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

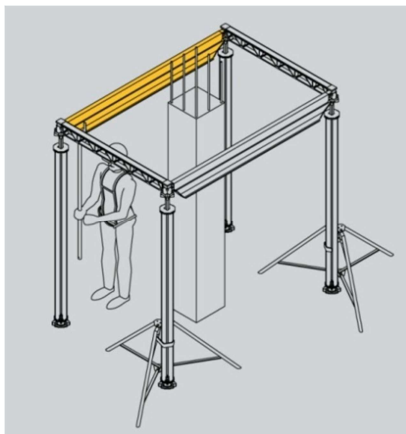
Los encofrados realizados con este sistema cuentan con dos posibilidades que se diferencian fundamentalmente en el tipo de tablero de encofrado que se utilice, uno modular encajado en la retícula que forma el soporte del encofrado y otro constituido por un panel corrido que no tiene que ajustarse a la retícula. A continuación se va a explicar el procedimiento de montaje del encofrado ligero modular.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Montaje de los cabezales	Los cabezales se montarán sobre cada puntal. Esta operación se realizará en un lugar seguro de la obra.
Colocación de la primera viga principal.	Amarrar la primera viga alrededor de un pilar, para que el sistema sea estable desde el comienzo de su montaje. Situar los puntales estabilizados y aplomados mediante la utilización de trípodes y siguiendo las líneas de replanteo de los planos de montaje. Los puntales se colocarán siguiendo las instrucciones expuestas en el apartado 3.1.1. Comprobar el correcto acañado del cabezal. Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b> .
	

Fuente: Catálogo Ulma.

Montaje de la primera retícula.

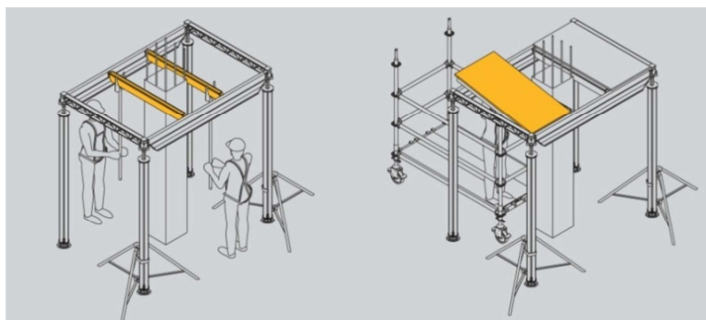
Colocar dos puntales con sus correspondientes cabezales y montar los transversales. Cerrar la primera retícula alrededor del pilar con una viga. Las vigas se posicionarán sobre el cabezal utilizando algún elemento específico o mediante un medio auxiliar (torre móvil).



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación del resto de transversales dentro de la primera retícula.

Se colocan los transversales interiores a la retícula y se colocan los tableros. De este modo se estabiliza la zona del pilar y el resto de la estructura del encofrado.



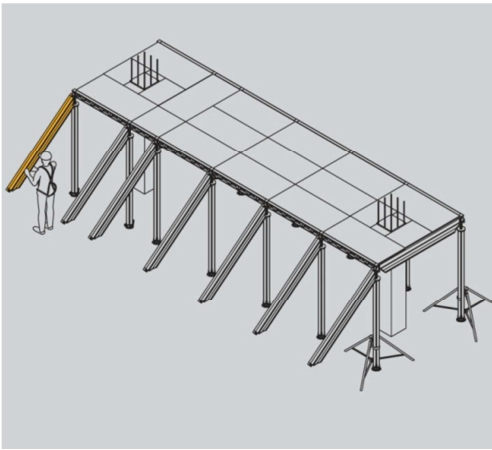
Fuente: Catálogo Ulma.

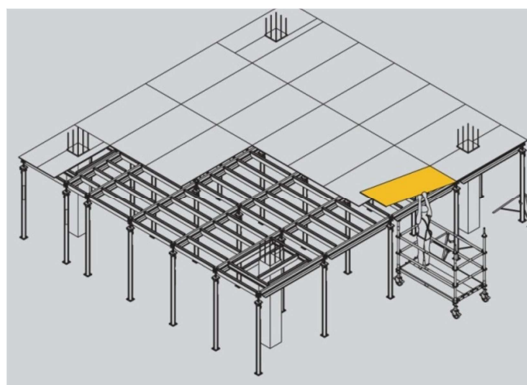
Montaje del resto de retículas en sentido transversal.

Las retículas se irán montando en sentido transversal de la misma forma que se ha explicado anteriormente para la zona de los pilares. Una vez montadas las retículas se irán nivelando.



Fuente: Catálogo Ulma.

<p>Montaje de retículas en sentido longitudinal.</p>	<p>Se irán colocando las vigas sujetas a los cabezales de los puntales ya ejecutados anteriormente.</p> <p>En el extremo libre se irán colocando los nuevos puntales con los cabezales y los transversales ya incorporados.</p> <p>Los operarios irán levantando el conjunto desde el suelo.</p> <p>Utilizar los elementos auxiliares (grapas, fijaciones) del sistema de encofrado para evitar el vuelco de las vigas.</p> <p>Los puntales se utilizarán de forma correcta, respetando los límites de carga, aplomados y con apoyo estable.</p> <p><i>Si el <b>sistema de protección de borde</b> que se va a utilizar es una barandilla, los extremos exteriores de las vigas deberán disponer de las piezas inferiores de anclaje para los pies de barandilla.</i></p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
<p>Colocación de los tableros.</p>	<p>Mientras que la superficie a encofrar sea accesible desde la planta inferior se podrá utilizar un medio auxiliar (torre móvil) para colocar los tableros.</p> <p>Cuando se tengan que colocar los tableros desde la misma superficie a encofrar se deberán adoptar <b>medidas de protección colectiva</b> o en su defecto de <b>protección individual</b>.</p> <p>En cualquier caso, siempre que los tableros a colocar sean los correspondientes a los bordes del encofrado y no exista una protección colectiva que garantice la seguridad de los trabajadores será necesario utilizar un <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.</p> <p>Realizar siempre reparto de carga distribuyendo el material uniformemente.</p> <p>No dejar caer objetos, ni saltar sobre los tableros de encofrado.</p> <p>Debe vigilarse la limpieza de las superficies del encofrado antes de proceder a la colocación de los materiales que forman parte de la estructura.</p> <p>La comunicación entre la plataforma de trabajo que forma el encofrado y la planta inferior se realizará a través de un medio auxiliar (escalera de mano).</p>



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación del sistema de protección de borde.

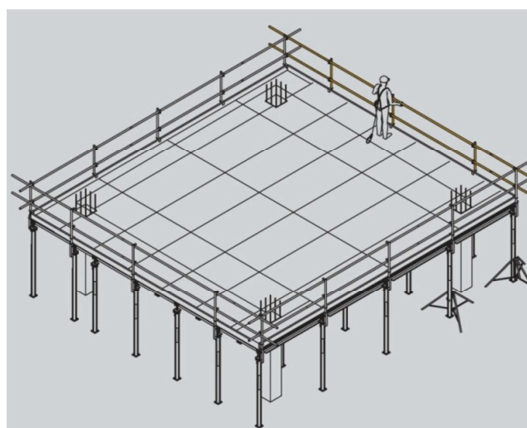
Cerrar el perímetro mediante un **sistema perimetral de protección de borde**.

Los trabajadores deberán estar dotados de **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros durante la realización de este trabajo.

*Si el **sistema perimetral de protección de borde** es una barandilla los extremos de las vigas exteriores deberán disponer de la pieza especial de anclaje para poder introducir fácilmente los pies de las barandillas.*

*Si alguna viga no tiene dicho anclaje este siempre se colocará desde la planta inferior con la ayuda de un medio auxiliar (torre móvil).*

*Los pies de las barandillas se introducirán en las zonas habilitadas para ello tanto en las vigas que se encuentran en el perímetro del encofrado o en grapas colocadas para tal fin.*



Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje del equipo de protección individual.

Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del **EPI contra caídas de altura** y del cabo de anclaje.

Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

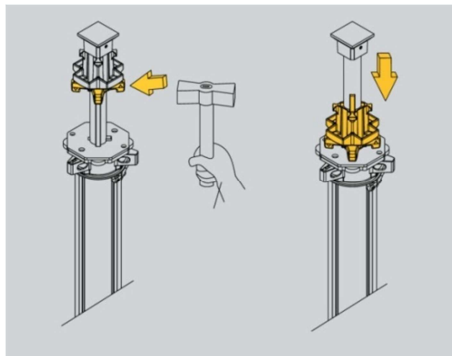
Comprobación del montaje del sistema.

Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Una vez ejecutado el forjado y con la aprobación de la dirección técnica de la obra llegará el momento de desmontar el encofrado, siguiendo los pasos que se enumeran a continuación y teniendo en cuenta si el tablero de encofrado es modular o corrido.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Retirar las protecciones perimetrales del encofrado y colocarlas en la losa de forjado ya ejecutada. <i>(Esta operación se realizará en el caso de que las protecciones perimetrales de borde sean barandillas).</i>	<p>Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el desmontaje de las protecciones perimetrales.</p> <p>Además los trabajadores llevarán el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del encofrado.</p> <p>Una vez modificada la posición de las protecciones de borde, el resto de trabajos se efectuará desde la planta inferior, por lo que si no existe riesgo de caída de altura los trabajadores podrán quitarse el <b>EPI contra caídas de altura</b>.</p>
<div data-bbox="549 1046 1082 1489" data-label="Image"> </div> <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Deslizamiento de los cabezales.	<p>Antes de comenzar los trabajos en la planta inferior, los operarios comprobarán que están todas las <b>protecciones de borde</b> colocadas.</p> <p>Estudiar el proceso de desencofrado, para evitar sobrecargas en Puntos.</p> <p>Desde el suelo, o desde un medio auxiliar (torre móvil), se golpean las cuñas de los cabezales a excepción de las que se hallen en las vigas perimetrales.</p> <p>Las cuñas descienden unos 150 mm y con ella, las vigas, los transversales y los paneles.</p>

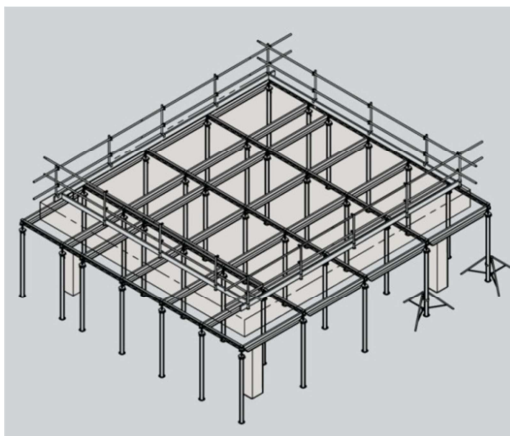




Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje de los paneles.

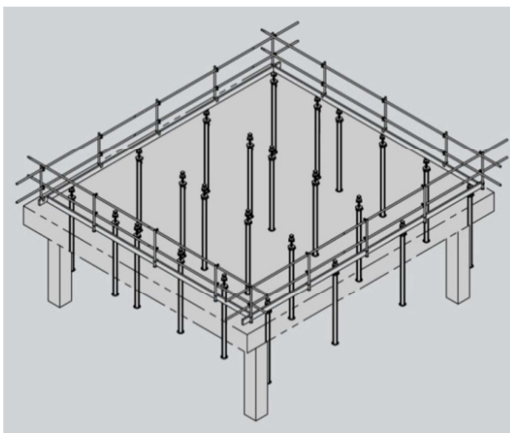
Se deberán tomar las precauciones adecuadas para que no se produzcan caídas de elementos. En el caso de que el sistema esté compuesto por un tablero corrido. Este no podrá quitarse en su totalidad. Dejando los tableros que estén atrapados por los puntales. No pueden apoyarse los materiales procedentes del desencofrado sobre los elementos que constituyen los **sistemas provisionales de protección de borde**.



Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje de los transversales y las vigas.

No quitar estos elementos si antes no se han desmontado los tableros. Esta etapa de trabajo al igual que la anterior, se realizará utilizando algún elemento específico o mediante un medio auxiliar (torre móvil).



Fuente: Catálogo Ulma.

Desmontaje de los puntales.	Transcurrido el tiempo necesario, se procede a recuperar los puntales con su cabezal. En el caso de que el sistema esté compuesto por un tablero corrido. Los tableros que estén atrapados por los puntales se quitarán en este momento.
Comprobaciones.	Una vez terminado el desencofrado, los operarios deberán comprobar que los <b>sistemas de protección de borde</b> siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos de desencofrado. Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción. <i>Si existen como medidas de protección colectiva redes de seguridad, una vez terminado el desencofrado deberán revisarse los paños de red, siendo sustituidos los que estén afectados por caídas de material.</i>

#### 4.2.4. Encofrado de mesas autoportantes.

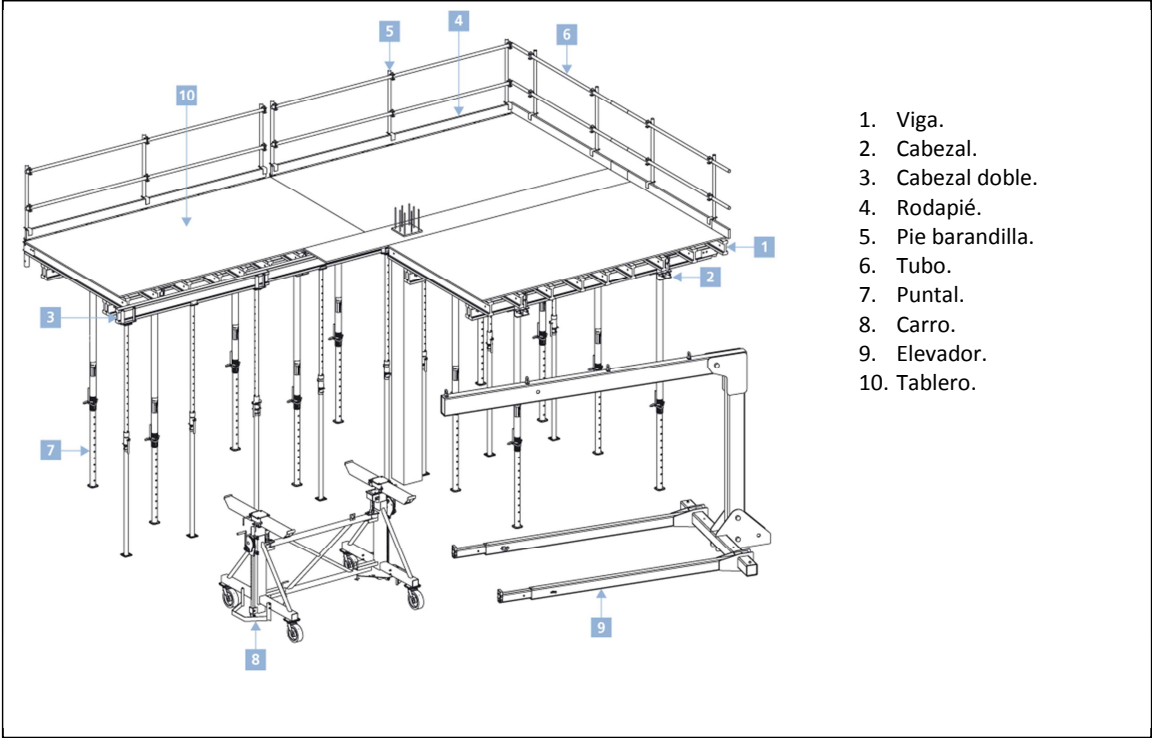
Este sistema está concebido para el encofrado de losas macizas y forjados aligerados. Son grandes unidades de encofrado modulares con su estructura portante integrada. Están destinados a la ejecución de grandes forjados de superficie regular y repetitiva, donde el encofrado se monta bien al inicio de la obra a ras de suelo o en taller.

El traslado se realiza normalmente por medios auxiliares y estos dependen del tamaño de la mesa de encofrado, en el caso de trasladarla por el mismo nivel se utilizan carros de traslación, traspaletas o similares. Para trasladarlas a otro nivel se pueden utilizar horquillas de elevación o si la mesa es muy grande se deberá enganchar las eslingas de la grúa torre a las esperas con las que debe contar la mesa.

Además del traslado la única operación que se realiza en obra es el posicionamiento exacto de las mesas que se realiza mediante los husillos de nivelación que existen en las patas y cuya planificación se ha realizado previamente. Estos husillos se aflojan en las operaciones de desencofrado para que el sistema descienda.

Las mesas pueden incorporar las medidas de seguridad, sin necesidad de montarlas y desmontarlas cada vez. Este sistema permite ahorrar mano de obra, ya que el encofrado se monta y se desmonta una sola vez para dar servicio a múltiples forjados.

Figura 4.4.5. Encofrado de mesa autoportante.



Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

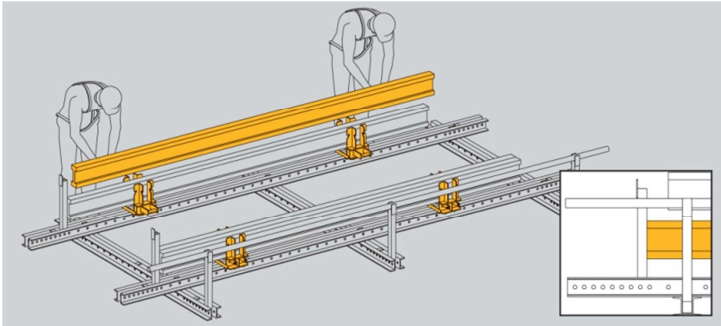
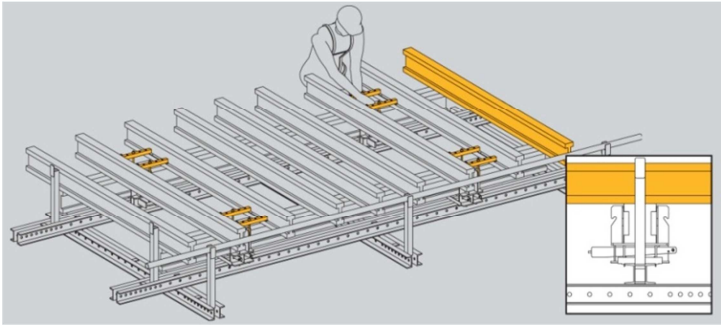
4.2.4.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

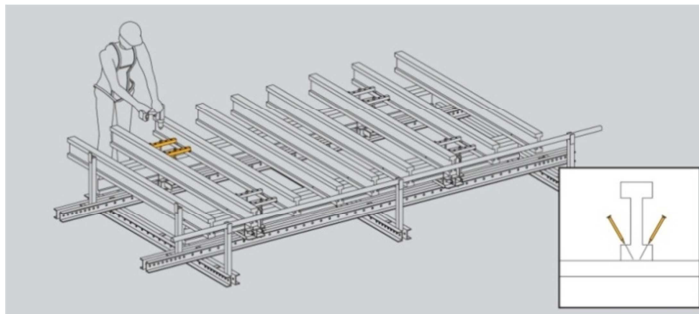
El procedimiento de montaje del sistema de encofrado constituido por mesas autoportantes consiste fundamentalmente en las siguientes etapas.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Montaje de plantilla	Montaje de la plantilla colocando los diferentes topes en función de las dimensiones de la planchada a montar. Diagonalizar y verificar que la plantilla no está descuadrada. Esta operación se realizará en un lugar seguro de la obra.

La ilustración muestra un trabajador montando la plantilla del encofrado. El trabajador está colocando un tope en la estructura de la plantilla. La estructura está formada por vigas y tubos. El trabajador está utilizando un equipo de protección individual (EPI).

Fuente: Catálogo Ulma.

Colocar los cabezales	Estos elementos se colocarán sobre los topes de la plantilla y servirá de unión entre la planchada y los apeos.
Colocación de las vigas longitudinales.	<p>Las vigas longitudinales se colocarán sobre los cabezales.</p> <p>Asegurarse de que las vigas longitudinales están alineadas contra el tope longitudinal de la plantilla.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Colocación de las Vigas Transversales.	<p>Colocar las vigas transversales sobre las longitudinales.</p> <p>Asegurarse de que la primera viga transversal está situada contra el tope lateral de la plantilla.</p> <p>Insertar los marcos de los cabezales para sujetar estos a la planchada.</p> <p>El marco se apoyará sobre dos vigas transversales separadas 50 cm entre sí.</p> <p>Para unir el cabezal al marco se utilizarán unas varillas que se colocarán con sus arandelas y tornillos en los alojamientos que tienen los cabezales pero sin llegar a fijarlos.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Fijación de las vigas.	<p>Fijar las vigas longitudinales y transversales mediante 2 tirafondos colocados alternativamente.</p> <p>Fijar los marcos del cabezal ajustando las cuatro tuercas de las varillas. Este apriete debe ser simétrico para que la varilla quede centrada.</p>

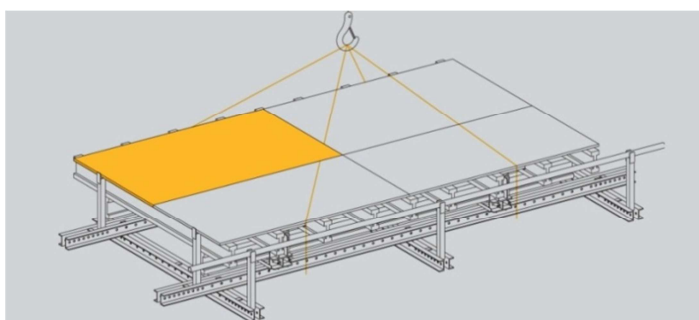


Fuente: Catálogo Ulma.

Colocar tableros.

Replantear y fijar los tableros de madera sobre las vigas transversales.

Una vez finalizado el montaje de la planchada, se procede a elevarla y apilarla donde corresponda. Las mesas montadas se pueden elevar y apilar por medio de una carretilla elevadora con palas largas, una grúa con 2 eslingas u otro medio auxiliar.



Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación de la mesa en su posición definitiva.

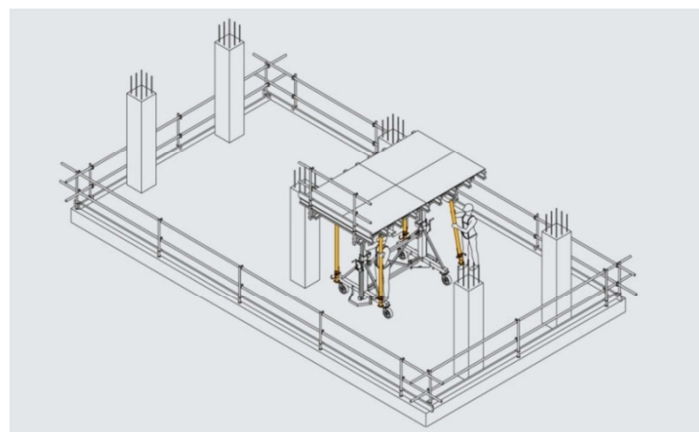
Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un **sistema perimetral de protección de borde**.

Colocar la mesa en el carro de apoyo provisional con la ayuda de la grúa para proceder a la colocación de los puntales.

Trasladar la mesa con el carro hasta la posición real de ésta. Desplegar los puntales, regularlos y nivelarlos hasta la cota real.

Se recomienda colocar trípodes a las primeras Mesas para facilitar su nivelación.

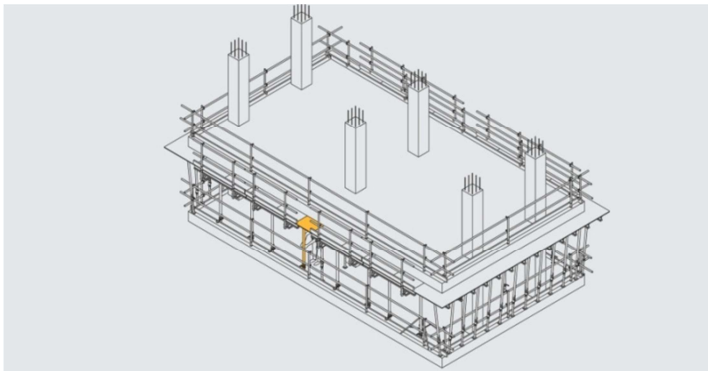
Las Mesas perimetrales deben **incorporar los pies de barandilla** desde el montaje de la planchada.



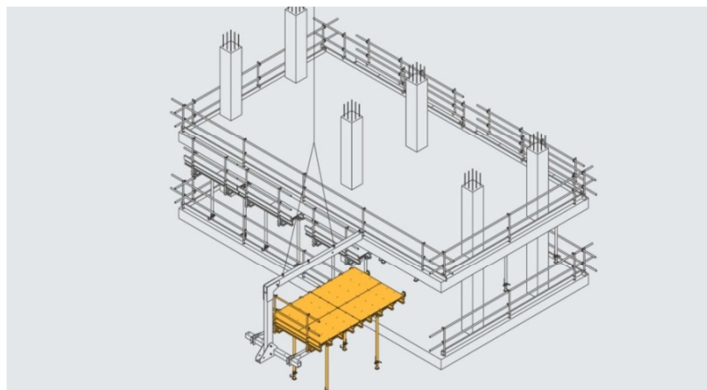
Fuente: Catálogo Ulma.

<p>Solucionar los remates.</p>	<p>En este caso se trabajará desde arriba del encofrado y cuando los huecos que quedan por rematar en el encofrado provoquen riegos de caída de los trabajadores, se tendrá en cuenta que se deberán adoptar <b>medidas de protección colectiva</b> o en su defecto de <b>protección individual</b>.</p> <p>En el caso que sea necesario completar los voladizos perimetrales con vigas, cabezales, puntales inclinados y tableros y no exista una protección colectiva que garantice la seguridad de los trabajadores, será necesario utilizar un <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.</p> <p>Es necesario amarrar las Mesas colocadas en el borde del forjado para evitar el vuelco o el desestabilizado por efectos del viento. Este amarre se realizará con unas cadenas fijadas al suelo por medio de tacos y tornillos.</p>
<div data-bbox="456 904 1174 1308" data-label="Image"> <p>Diagrama 3D que muestra un sistema de encofrado horizontal para una losa de concreto. Se observan vigas de acero y tableros de encofrado. A lo largo de los bordes del encofrado, se ha instalado un sistema de protección colectiva que incluye una línea de amarre (cable o cadena) y una barandilla o guardrail. Las partes de protección están resaltadas en color naranja. El diagrama ilustra cómo se asegura el borde del encofrado para prevenir caídas de los trabajadores.</p> </div> <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
<p>Desmontaje del equipo de protección individual.</p>	<p>Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje.</p> <p>Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
<p>Comprobación del montaje del sistema.</p>	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

Una vez ha sido ejecutado el forjado puede comenzar el proceso de traslado de las mesas de encofrado a su nueva ubicación, para ello habrá que prestar atención a los siguientes procesos.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Colocar las protecciones provisionales de borde en el forjado recién ejecutado	<p>Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante la colocación de las protecciones perimetrales.</p> <p>Además los trabajadores llevarán el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del encofrado.</p> <p>Una vez colocadas las protecciones de borde, los trabajos continuarán en la planta inferior, por lo que si no existe riesgo de caída de altura los trabajadores podrán quitarse el <b>EPI contra caídas de altura</b>.</p>
Desmontaje del encofrado.	<p>Se procede a descargar los puntales de las Mesas de encofrado, excepto en la zona de remates.</p> <p>Estudiar el proceso de desencofrado para evitar sobrecargas en los Puntales.</p> <p>Desencofrar la zona de los remates, quitando primeramente los puntales y las vigas, finalmente quitar los tableros.</p> <p>Tomar las precauciones necesarias para que no se produzcan caídas de elementos.</p> <p>Cuando existan riegos de caída de los trabajadores, se tendrá en cuenta que se deberán adoptar <b>protecciones colectivas</b> o en su defecto de <b>EPI</b>.</p> <p>No pueden apoyarse los materiales procedentes del desencofrado sobre los elementos que constituyen las <b>protecciones de borde</b>.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Ulma.</p>	
Traslado de las mesas	<p>La Mesa de encofrado se saca parcialmente por el borde del forjado, dejando siempre el centro de gravedad sobre el forjado de apoyo.</p> <p>Abatiendo los puntales o <b>desmontando parcialmente la barandilla del borde</b> del forjado.</p> <p>Soltar el amarre antivuelco de las Mesas de borde de forjado.</p> <p>Un operario subirá al forjado superior y sujetará la eslinga de la grúa torre a las esperas de la mesa.</p> <p>Una vez el operario está en una zona segura se sacará la Mesa de la planta, tirando con la grúa.</p> <p>Los trabajadores deberán utilizar un <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros mientras durante toda esta fase de trabajo.</p>





Fuente: Catálogo Ulma.

Colocación de la mesa en su nueva ubicación.

Los operarios comprobarán que están todas las **protecciones de borde** colocadas en el forjado superior.

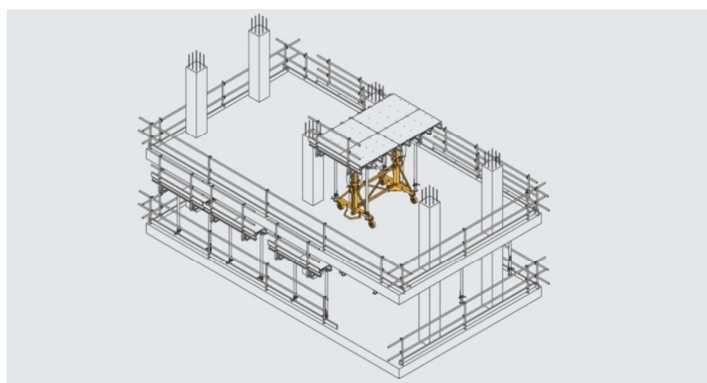
Si no es así se deberán colocar y los trabajadores deberán estar dotados de **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el montaje de las protecciones perimetrales.

Colocar la Mesa, una vez elevada, en la planta superior y dejar libre el elemento auxiliar de elevación.

Desplazar horizontalmente las Mesas, hasta su posición definitiva utilizando un carro.

Proceder al encofrado de la losa según las indicaciones realizadas en el apartado de montaje.

Esta operación se repite cada vez que se ejecuta un forjado en el nivel superior.



Fuente: Catálogo Ulma.

Comprobaciones.

Una vez terminado el desencofrado, los operarios deberán comprobar que los **sistemas de protección de borde** siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos de desencofrado.

Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.

*Si existen como medidas de protección colectiva redes de seguridad, una vez terminado el desencofrado deberán revisarse los paños de red, siendo sustituidos los que estén afectados por caídas de material.*



#### 4.2.5. Encofrado con seguridad integrada.

Es un encofrado flexible para losas, compuesto por una superficie encofrante formada por un tablero, que se encuentra apoyado y fijado en elementos ligeros (normalmente de aluminio) que van apoyados sobre puntales mediante cabezales y que forman una estructura suficientemente tupida, apta para caminar sobre ellos. Además hay que tener en cuenta que el proceso de montaje de estos paneles se hace desde el suelo. Por lo tanto, se puede decir que el propio sistema forma una estructura portante que a la vez constituye una malla rígida y sin grandes huecos que actúa como red de seguridad.

Imagen 4.4.2. Encofrado con seguridad integrada.



Fuente: <http://www.peri.es/productos.cfm>

Existen fabricantes que tienen una variedad de este sistema que consiste en un panel de encofrado sin vigas, es decir están compuestos por una estructura ligera que hace de bastidor incorporando el tablero, por lo que el montaje y desmontaje se simplifica enormemente.

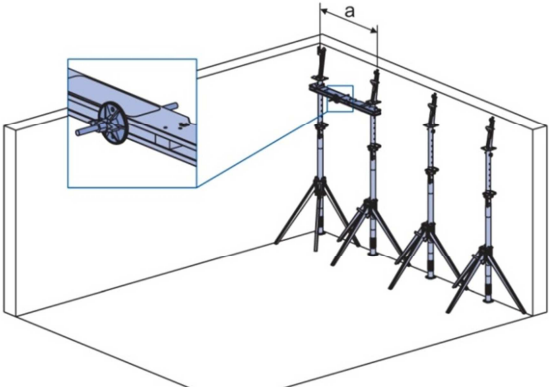
Imagen 4.4.3. Encofrado con panel incorporado.

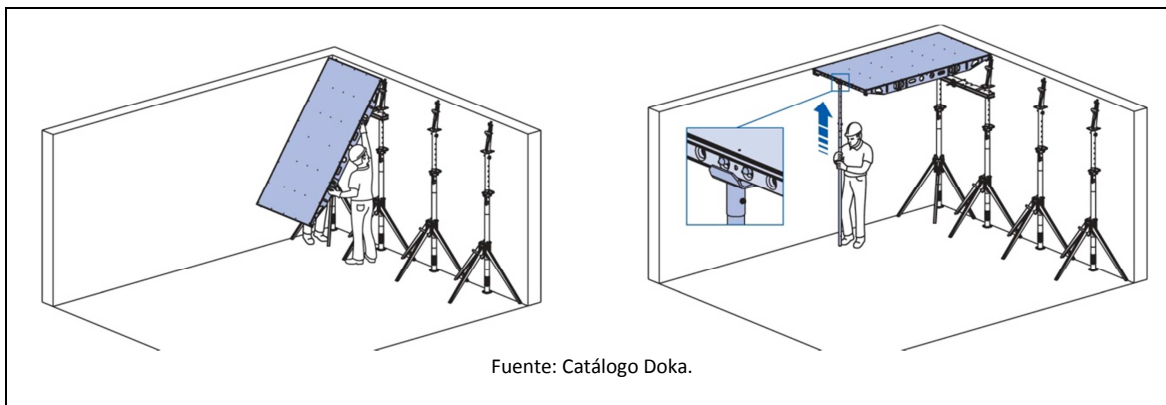


Fuente: Catalogo Doka.

**4.2.5.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.**

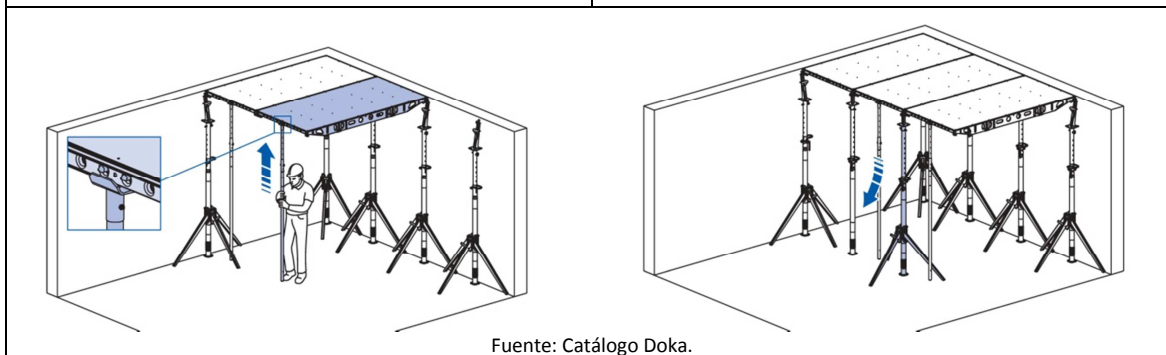
Las fases de montaje del encofrado con seguridad integrada se pueden dividir en las siguientes etapas de trabajo. El procedimiento de montaje se realizará sobre un sistema que integre el tablero de encofrado, aunque también se indicará el proceso de montaje si el sistema no lo incorpora este tablero.

<b>FASE DE MONTAJE.</b>	
<b>ETAPAS DE TRABAJO.</b>	<b>PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.</b>
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Colocación de la primera fila de puntales.	<p>Colocar los Puntales directamente contra la pared utilizando trípodes para fijarlos.</p> <p>Asegurarse de que el pie del trípode está orientado en la dirección correcta que es apuntando a la dirección longitudinal de los paneles.</p> <p>Utilizar las abrazaderas de pared para que la distancia entre puntales no sea mayor que la estructura portante.</p> <p>Los puntales deben quedar fijados a la altura que corresponda.</p> <p>Los puntales se colocarán siguiendo las instrucciones expuestas en el apartado 3.1.1.</p> <p>Asegúrese de que el pasador de desmontaje rápido esté colocado.</p> <p>Si el trabajo se realiza sobre una planta donde exista riesgo de caída de altura, deberá existir un <b>sistema perimetral de protección de borde</b>.</p>
 <p>Fuente: Catálogo Doka.</p>	
Montaje del primer panel.	<p>Levantar y enganchar el primer panel en las coronas de los puntales (esta operación la realizarán dos trabajadores al mismo tiempo).</p> <p>Asegurarse que el panel está correctamente conectado en ambos puntales.</p> <p>Levantar el primer panel y sujetarlo con el puntal temporal por la parte central del panel para que no se vuelque (esta operación la realiza un único operario).</p>



Instalación del resto de paneles.

Colocar el puntal permanente en la esquina del panel.  
 Levantar el panel siguiente y sujetarlo con el puntal temporal.  
 Colocar el puntal permanente debajo de la otra esquina del panel.  
 Posicionar el panel siguiente y sujetarlo con un puntal temporal.  
 Asegurarse que el panel está correctamente conectado en ambos puntales.  
 Continuar esta secuencia para completar la estructura, se tienen que añadir bastidores en ambas direcciones.  
 Añadir vigas de relleno y recortes de madera contrachapada alrededor de los pilares antes de cargar el intradós.  
 Una vez colocados todos los paneles se deberá nivelar y alinear el encofrado.

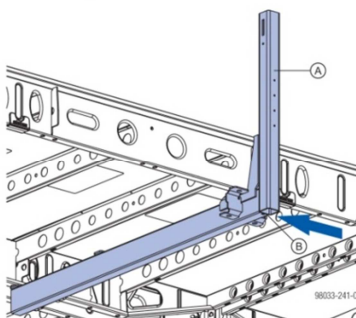


Proteger el perímetro del encofrado.

Cerrar el perímetro mediante un **sistema perimetral de protección de borde**.

Los trabajadores deberán estar dotados de **EPI contra caídas de altura** sujeto a puntos fijos y seguros durante la realización de este trabajo.

*Si el **sistema perimetral de protección de borde** es una barandilla se deberán colocar mediante una pieza que incorpora un pie para la barandilla. Asegurarse que la pieza está correctamente colocada.*

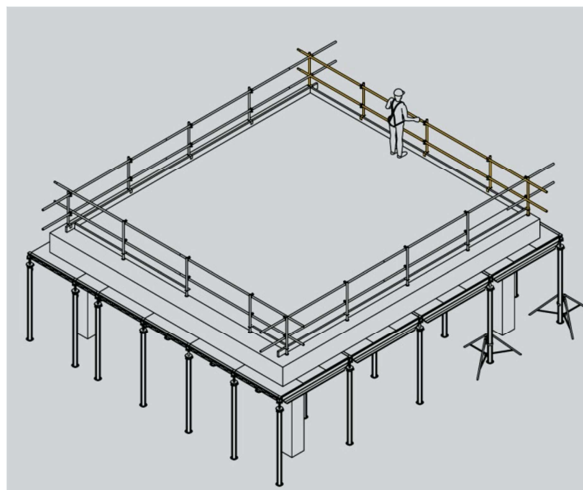


Fuente: Catálogo Doka.

Colocar tableros. (Cuando el módulo de encofrado carezca de tablero)	En el caso de que el sistema carezca del tablero de encofrado se deberá proceder a su colocación desde la parte superior de la estructura del encofrado, adoptando para ello las correspondientes los <b>EPI</b> si son necesarias ya que las protecciones colectivas las incorpora el tablero. En cualquier caso, siempre que los tableros a colocar sean los correspondientes a los bordes del encofrado y no exista una protección colectiva que garantice la seguridad de los trabajadores será necesario utilizar un <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Como en los anteriores casos que se han visto en este trabajo el procedimiento de desencofrado consistirá en las siguientes etapas.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Retirar las protecciones perimetrales del encofrado y colocarlas en la losa de forjado ya ejecutada. (Esta operación se realizará en el caso de que las protecciones perimetrales de borde sean barandillas).	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el desmontaje de las protecciones perimetrales. Además los trabajadores llevarán el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del encofrado. Una vez modificada la posición de las protecciones de borde, el resto de trabajos se efectuará desde la planta inferior, por lo que si no existe riesgo de caída de altura los trabajadores podrán quitarse el <b>EPI contra caídas de altura</b> .



Fuente: Catálogo Ulma.

Deslizamiento de los cabezales.	<p>Antes de comenzar los trabajos en la planta inferior, los operarios comprobarán que están todas las <b>protecciones de borde</b> colocadas.</p> <p>Estudiar el proceso de desencofrado, para evitar sobrecargas en Puntales.</p> <p>Después de retirar la barandilla y los plintos, un solo golpe de martillo en el pasador de desmontaje rápido descargará los puntales y bajará los paneles.</p>
Desmontaje de los paneles.	<p>Se deberán tomar las precauciones adecuadas para que no se produzcan caídas de elementos.</p> <p>Posicione los puntales temporales en el borde delantero de los paneles adyacentes. Asegurarse de que la lengüeta de sujeción de la garra no esté enganchada y que pase a través de la ranura de ubicación del panel.</p> <p>Girar media vuelta las manivelas del puntal que soporta el panel para que descienda del intradós.</p> <p>Retire los puntales temporales del borde delantero del panel.</p> <p>Bajar el panel y desengánchelo de las coronas.</p> <p>No pueden apoyarse los materiales procedentes del desencofrado sobre los elementos que constituyen los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b>.</p>
Comprobaciones.	<p>Una vez terminado el desencofrado, los operarios deberán comprobar que los <b>sistemas de protección de borde</b> siguen estando en su sitio y no han sido dañados o eliminados durante los trabajos de desencofrado.</p> <p>Los trabajadores deberán seguir llevando los EPI obligatorios en una obra de construcción.</p> <p><i>Si existen como medidas de protección colectiva redes de seguridad, una vez terminado el desencofrado deberán revisarse los paños de red, siendo sustituidos los que estén afectados por caídas de material.</i></p>

### 4.3. Mantenimiento y almacenamiento.

Aunque se han estudiado varios sistemas de encofrado su mantenimiento y almacenamiento no tiene que ser diferente, sobre todo si se tiene en cuenta que los materiales empleados en la constitución de cada sistema son básicamente los mismos. Por ello a continuación se exponen las condiciones que deben cumplir cada material, pero teniendo claro que todas las revisiones de conservación y mantenimiento se realizarán según las especificaciones que se indican en el manual que proporcione el fabricante del sistema de encofrado.

Para el almacenaje del sistema de encofrado, se deben de utilizar palets específicos para cada uno de los componentes y en muchos casos especiales como ocurre con los tableros que sirven de superficie de encofrado.

Los palets deben ser transportables tanto con grúa como carretilla, facilitando tanto el transporte como el montaje y posterior desmontaje de los tableros y resto de componentes y el movimiento en la obra.

Los paneles se deben apilar siempre con la cara encofrante hacia arriba, para evitar la acumulación de agua o suciedad en el marco y se tienen que almacenar apilados pero no de forma excesiva para que su superficie no resulte dañada por el peso. Debe vigilarse la limpieza de las superficies del encofrado antes de proceder a la colocación de los materiales que forman parte de la estructura. La limpieza de los tableros debe llevarse a cabo, después de cada uso, con un cepillo y una imprimación de desencofrante. Los tableros deben ser apilados separados del terreno, en soportes a nivel y bajo cubierta, nunca se dejarán expuestos a fuerte luz solar o lluvias prolongadas ya que se producirá un deterioro prematuro.

Al igual que en el caso de los paneles, el transporte de las vigas o sopandas requiere un palet específico para minimizar el deterioro de las piezas así como para evitar posibles caídas de los elementos, debido al deslizamiento de las vigas. Los demás elementos se sirven a granel en cestones o burros.

Generalmente, el almacenamiento de todos los componentes del sistema, se debe realizar siempre después de su limpieza y en cada puesta.

Todas las piezas que tengan deformaciones o roturas serán consideradas no válidas para su uso y por lo tanto serán eliminadas. Para ello se deberán revisar todas las piezas del encofrado una vez utilizado fijándose sobre todo en:

- Que no presenten golpes que hayan mermado su sección.
- Que no estén doblados.
- Que sus fijaciones sean correctas y eficaces.

En los elementos de madera o material plástico además hay que comprobar:

- Que no presenten golpes, fisuras o nudos que hagan disminuir su resistencia.
- Que se mantengan correctamente sujetos a sus soportes.
- Sustituirlos cuando sea necesario.

En el caso de las mesas autoportantes se almacenan apiladas. Se recomienda intercalar tabloncillos anchos para que el tablero de la mesa no resulte dañado. Un número excesivo de mesas apiladas puede provocar el deterioro de las mesas inferiores debido al peso que tienen que soportar, por lo que no se apilarán muchas.

#### **4.4. Marcado.**

Por lo que se refiere al marcado CE, los sistemas de encofrado no dispone de él, por no existir normativa que lo regule. Para garantizar la seguridad de estos productos se debe cumplir con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos. En cuanto a la identificación, deberán llevar como mínimo los siguientes datos:

- Nombre o marca comercial del fabricante del sistema.
- Año de fabricación.
- Código de cada pieza.
- Denominación comercial de la pieza.

## 5. Comentarios sobre el Capítulo.

En este capítulo se ha tratado sobre los sistemas de encofrados y sus apeos, elementos fundamentales en cualquier trabajo de encofrado. Se ha comenzado por analizar los dos sistemas de apeo que se pueden encontrar en una obra de edificación. Los apeos con puntales son los que se pueden ver habitualmente en cualquier obra de construcción tradicional, por lo que se está bastante acostumbrado a verlos. Por el contrario los apeos con cimbras son estructuras auxiliares propiamente dicho, que se utilizan en obras singulares en las que el peso del forjado es elevado o la altura libre del mismo es superior a la de un puntal.

El montaje de uno u otro sistema de apeo es diferente, sobre todo por la altura que pueden alcanzar los cimbrados, por lo que las medidas de protección a utilizar también lo serán. De hecho como se ha podido ver durante la exposición de los procesos de montaje y desmontaje para un apeo con puntales, siempre y cuando la planta donde se está trabajando disponga del correspondiente sistema de protección de borde, prácticamente no será necesaria otra protección, a no ser que los puntales se tengan que colocar tan cerca del borde del forjado, que se tenga que eliminar la protección de borde, siendo necesario en este caso un EPI.

Por el contrario, al utilizar un apeo por cimbra es necesario, sobre todo si su montaje y desmontaje es vertical (cimbra tipo A), que los operarios lleven un EPI durante todo el proceso, además de la protección de borde de la planta donde estén trabajando. Hay que decir, que existe una variedad de cimbra que se puede montar tumbada (cimbra tipo B), en un lugar habilitado para ello y elevarla posteriormente con una grúa hasta posicionarla en su ubicación definitiva. Con esta segunda variedad los EPI se eliminan prácticamente, aunque también es cierto que este tipo de cimbras se utilizan solo cuando el peso del forjado es muy elevado dejando las cimbras tipo A para los casos de grandes alturas. Por lo tanto para el montaje y desmontaje de los apeos será necesario:

- Un sistema provisional de protección de borde siempre que se esté trabajando en una planta con una altura superior a 2 m.
- Un equipo de protección individual para trabajos de montaje de una cimbra. Aunque si el montaje se produce de forma tumbada en un lugar seguro de la obra no será necesaria su utilización.



A continuación se han definido los diferentes sistemas de encofrado que se pueden encontrar en una obra de construcción de edificios, diferenciando entre los encofrados tradicionales y los industrializados. Los primeros prácticamente en desuso y los segundos siendo utilizados habitualmente en función de las características de la obra. Una vez analizados estos sistemas se han determinado las siguientes situaciones relativas a la seguridad de los trabajadores:

- Para el montaje del encofrado siempre que la planta donde se tenga que montar esté a una altura superior a 2 m, será necesario montar un **sistema provisional de protección de borde**.
- Los encofrados de mesa autoportante son los que entrañan menos riesgos para los trabajadores, ya que son grandes unidades que se montan en el suelo o en un taller, cuentan con el sistema de apeo incorporado y con el sistema de protección de borde. En principio únicamente habría que garantizar la seguridad de los operarios que se encuentre sobre el encofrado montado y que tengan que colocar los remates entre mesas. Para ello será necesario la utilización de **EPI** o una **red bajo forjado**.
- Los encofrados con seguridad integrada que no dispongan del tablero necesitan un **EPI** a la hora de montar la superficie encofrante en los bordes del forjado, ya que en el resto del encofrado no es necesario porque la misma estructura portante elimina el riesgo de caída de altura a través del sistema de apeo. Por el contrario si disponen de tablero de encofrado no se necesitan los EPI ya que la superficie encofrante está integrada en el sistema.
- En cuanto al resto de los encofrados el flexible de viga de madera, el de tipo mecano y el ligero modular, incluso el encofrado tradicional necesitan los EPI o una red bajo forjado para el montaje de los tableros de encofrado.
- Para montar los tableros en el borde del encofrado, los operarios deberán disponer de un EPI, para todos los sistemas de encofrado a excepción de las mesas autoportantes y los encofrados de seguridad integrada que dispongan de superficie encofrante.
- En todos los sistemas, una vez ejecutado el forjado que sustentan, será necesario desplazar los sistemas de protección de borde del encofrado al forjado ya realizado, menos en los encofrados de mesa.

Por lo tanto se puede decir que las protecciones colectivas que se deben utilizar en el montaje de un encofrado son los sistemas perimetrales de protección de borde, mientras que los sistemas de protección individual son los EPI contra caídas de altura.

## **CAPÍTULO V**

# **MEDIDAS DE PROTECCIÓN APLICABLES A TRABAJOS DE MONTAJE DE ENCOFRADOS HORIZONTALES.**

## 1. Introducción.

En este capítulo se describirá las diferentes técnicas de protección que se pueden emplear en los trabajos con sistemas de encofrado horizontales. Este tipo de medidas se realizan con carácter previo a que se materialice el riesgo, siendo su objetivo actuar sobre las posibles consecuencias, reduciéndolas o incluso eliminándolas, aunque sin realizar ningún tipo de actuación sobre la probabilidad de que se produzca el riesgo, trabajo que corresponde a las técnicas de prevención, consideradas por ello, más efectivas que las de protección.

El principal riesgo con resultado grave o muy grave en la utilización de encofrados es la caída de altura. Este tipo de accidentes se produce bien por la caída del propio operario, o bien por el colapso del encofrado, arrastrando en su caída al trabajador.

Por ello, el análisis de estas medidas de protección, se restringe únicamente a la protección de los **riesgos de caída de altura de personas**, incluyendo en los casos en que así lo permita el sistema, la protección contra los **riesgos de caída de objetos**, debido a que en muchos casos se puede proteger a los trabajadores de ambos riesgos utilizando las mismas medidas de protección. Evidentemente existen otros riesgos para los operarios asociados a los trabajos de encofrado y una serie de medidas de protección que los eviten, pero hacer referencia a todos ellos desviaría el tema a tratar en este trabajo.

A continuación se tratarán las técnicas de protección colectiva e individual que pueden ser utilizadas en los trabajos con encofrados horizontales. Es necesario mencionar que las medidas de protección colectiva protegen a los trabajadores de una forma general, es decir eliminan o reducen las consecuencias de un riesgo que afecta a un número determinado de trabajadores. Por el contrario las protecciones individuales protegen a un único trabajador de forma individual, eliminando o reduciendo las consecuencias para un trabajador de un determinado riesgo.

## 2. Medidas de Protección Colectiva.

En este apartado se van a tratar las protecciones colectivas que son necesarias para evitar las caídas de personas de altura durante los trabajos de encofrado horizontal en estructuras de hormigón armado. Es conveniente recordar que la actual legislación en materia de seguridad en

las obras de construcción establece la necesidad de utilizar barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente para proteger a los trabajadores de estos riesgos.

Estas medidas estarán compuestas fundamentalmente por los sistemas provisionales de protección de borde (barandillas), andamios perimetrales de protección de componentes prefabricados, redes de seguridad y protecciones individuales ancladas a líneas de vida. Estas últimas se consideran protecciones colectivas cuando estén dimensionadas para que se anclen a ellas más de un operario.

Antes de comenzar los trabajos de montaje de estos elementos de protección, será necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones previas, que son comunes a todos los sistemas que se van a tratar y que se exponen a continuación.

<b>FASE PREVIA Y RECOMENDACIONES GENERALES.</b>	
<b>ETAPAS DE TRABAJO.</b>	<b>PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.</b>
Antes del inicio de los trabajos se contará siempre con planos debidamente aprobados y adecuados al montaje, con su correspondiente anexo de especificaciones y en su caso, de cálculo.	No se comenzarán los trabajos de montaje sin la existencia de los planos.
Personal cualificado para el montaje de los sistemas de protección.	Los trabajadores deberán estar debidamente formados e informados para los trabajos de montaje de los sistemas de protección.
Antes del inicio comprobación de las condiciones meteorológicas.	Especialmente se comprobará el viento existente en la zona de trabajo. Se utilizarán las protecciones específicas frente a las condiciones de lluvia, humedad, hielo o nieve.
Antes del inicio, autorización a los operarios, por parte del responsable de los trabajos del comienzo del montaje.	No se comenzarán los trabajos de montaje sin la autorización de una persona cualificada y competente que conozca y tenga experiencia en la realización de estos trabajos.
Antes del inicio, revisión de los equipos y útiles de trabajo a emplear.	Asegurarse de que los equipos reúnan los requisitos de seguridad establecidos. Todos deben cumplir la normativa.
Antes del inicio, verificar que se dispone de los equipos de trabajo necesarios y que el área de trabajo está ordenada y limpia.	Asegurarse de que los equipos de protección individual (cinturón de seguridad con arnés, casco, botas de seguridad, guantes, etc.), son los adecuados.
Durante todo el proceso de montaje y desmontaje, el personal que no participe en dichos trabajos, no permanecerá bajo la zona de trabajo.	Se mantendrán acotada toda la zona de trabajo inferior, para evitar la caída de objetos sobre los trabajadores.

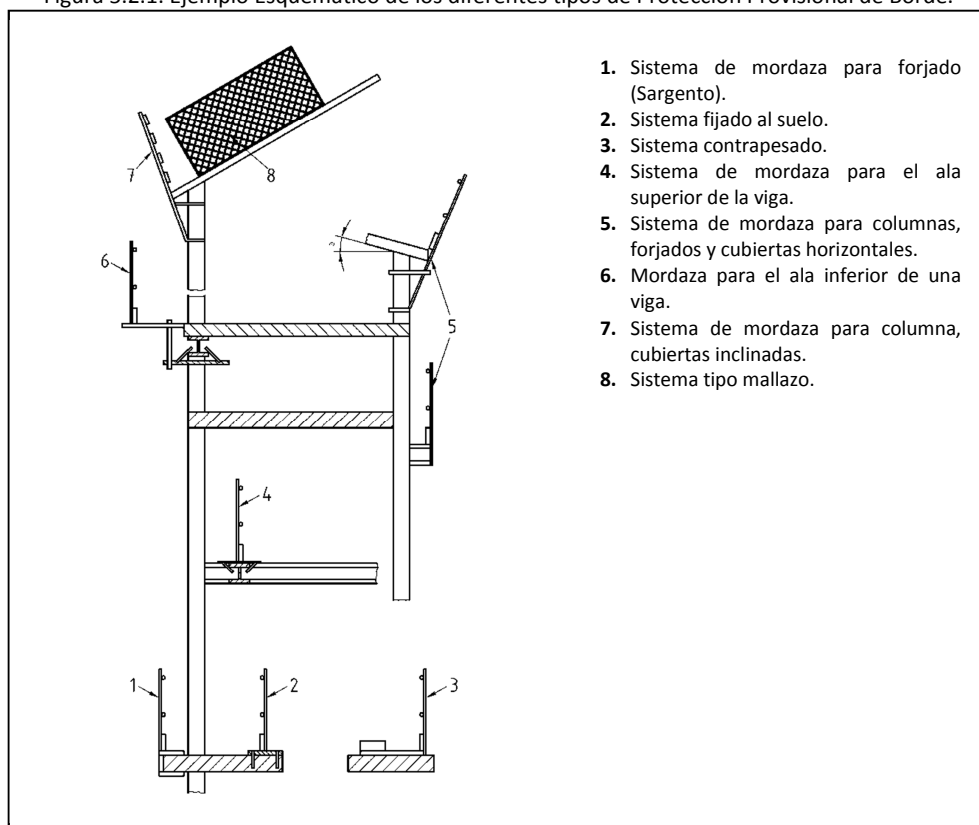
### **2.1. Sistemas Provisionales de Protección de borde (Barandillas de Protección).**

Los sistemas provisionales de protección de borde o barandillas de protección son el conjunto de componentes destinados a proteger a las personas del riesgo de caída fortuita de altura y de

retener materiales de origen diverso. Es decir, estos sistemas se emplean para **prevenir** la caída de personas y objetos a un nivel más bajo desde techados, bordes, escaleras y otras áreas donde se requiera protección.

Las barandillas de protección se analizan de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-EN 13374:2004 Sistemas Provisionales de Protección de Borde, aplicándose estos sistemas de protección de borde para superficies horizontales o inclinadas. Esta norma no incluye los requisitos para las barandillas destinadas a la protección contra impactos de vehículos o equipos móviles, ni a la protección contra la caída del público en general, ni a los sistemas de protección de los laterales de andamio.

Figura 5.2.1. Ejemplo Esquemático de los diferentes tipos de Protección Provisional de Borde.



Fuente: INSHT. NTP 803 y Elaboración propia.

Este tipo de protecciones perimetrales están compuestas por una barandilla principal, una barandilla intermedia y un rodapié o plinto, además del sistema de anclaje para alojar los pies de la barandilla. Estarán constituidos por materiales rígidos y sólidos, no podrán utilizarse como barandillas cuerdas, cintas, cadenas o elementos o materiales diseñados para otros usos, como los de señalización o balizamiento. Alternativamente existen sistemas de protección equivalente

tales como barreras de protección de tipo mallazo, pantalla o enrejado metálico o redes de seguridad, que son denominados por la norma como protección intermedia. Estos elementos no deben ser extraíbles salvo por una acción directa intencionada.

Para la elección de los distintos tipos de barandillas existentes en el mercado se considera importante tener en cuenta que el sistema seleccionado se adapte lo máximo a la secuencia del sistema constructivo, ya que en caso contrario se podrían generar situaciones de riesgo muy grave.

Tabla 5.2.1. Barandillas de Protección. Características dimensionales y de resistencia.

	<b>Barandilla de Seguridad</b>	<b>Pantalla o Módulo Enrejado Metálico</b>
Altura pasamanos tubular	1000 mm $\pm$ 50 mm	
Altura barra Intermedia	470 mm mínimo	
Rodapié	150 mm	
Resistencia	Según UNE-EN 13374:2004 Apartado 6	
Orificios o ranuras		$\leq 100 \text{ cm}^2$ excepto si el lado de la ranura <50 mm
Altura del módulo		1000 mm

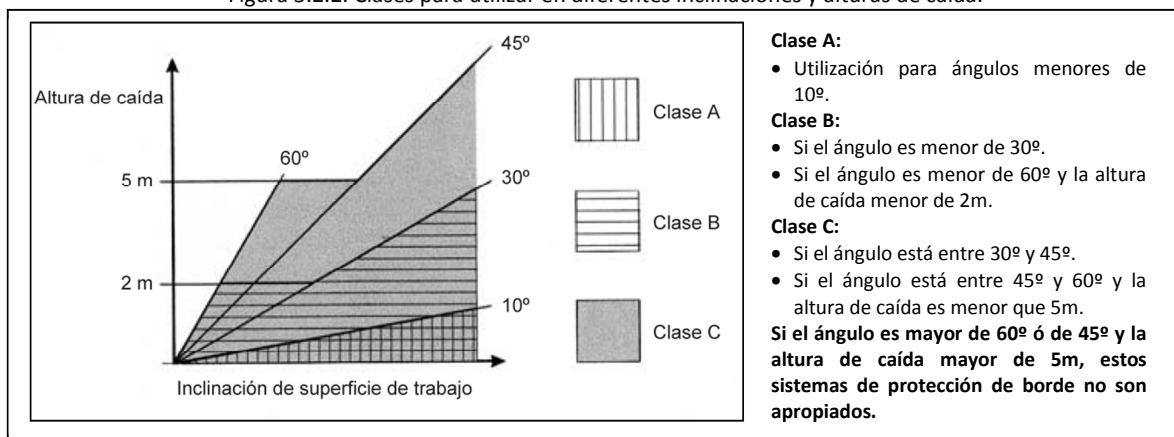
Fuente: INSHT. NTP 803.

Teniendo en cuenta las cargas que pueden soportar y la pendiente de la superficie de trabajo las barandillas de protección se clasifican por tres clases representadas con la letra A, B y C. Seguidamente se especifica cada una de estas clases:

- Clase A: Sistema de protección de borde que sólo proporciona resistencia frente a cargas estáticas con el objeto de soportar el peso de una persona que se apoye sobre la protección, sujeción de la mano cuando camina junto a ella y detención de una persona cuando camina o cae en dirección a la protección.
- Clase B: Sistema de protección de borde que proporciona resistencia a cargas estáticas y fuerzas dinámicas de baja intensidad con el objeto de soportar una persona que se apoye en ella o para sujetar su mano mientras camina, detener una persona que camina o cae en dirección a la protección y detener una persona que se desliza por una superficie inclinada.

- Clase C: Proporciona resistencia para fuerzas dinámicas elevadas basadas en los requisitos para detener la caída de una persona que se resbala por una superficie de fuerte pendiente.

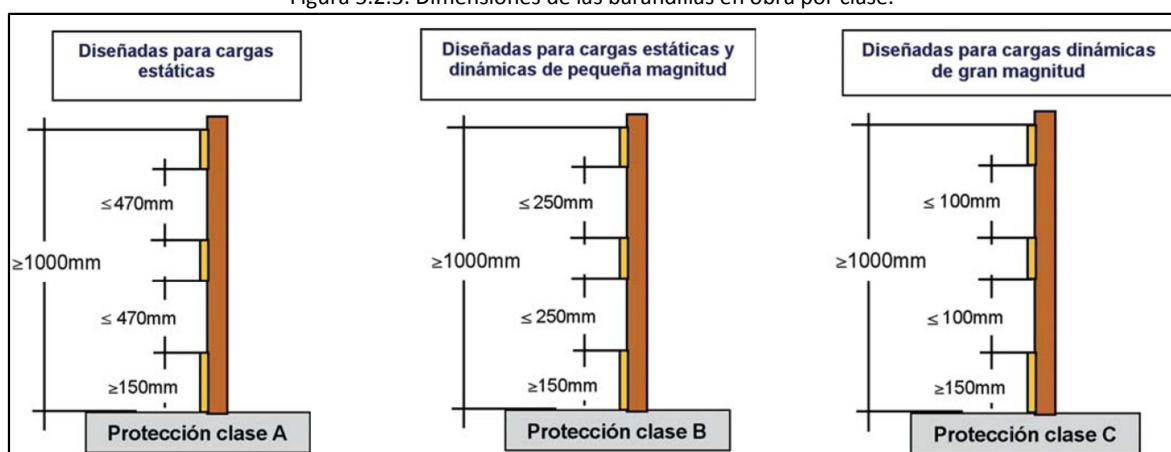
Figura 5.2.2. Clases para utilizar en diferentes inclinaciones y alturas de caída.



Fuente: INSHT. NTP 803 y Elaboración propia.

En las siguientes figuras se puede observar las características geométricas que establece la norma UNE-EN 13374:2004, en función de la clase de protección, destacando una reducción de las distancias libres permitidas entre los diferentes elementos del sistema, a medida que avanzamos en la clase de protección. Las alturas mínimas de las barandillas están referenciadas respecto al nivel del piso de trabajo y se puede apreciar como esta normativa establece esta altura mínima en 1.00 m, cuando hasta ahora siempre se hablaba de 90 cm, por referencia a lo mencionado en el anexo IV del Real Decreto 1627/97.

Figura 5.2.3. Dimensiones de las barandillas en obra por clase.



Fuente: COATMU (2005).

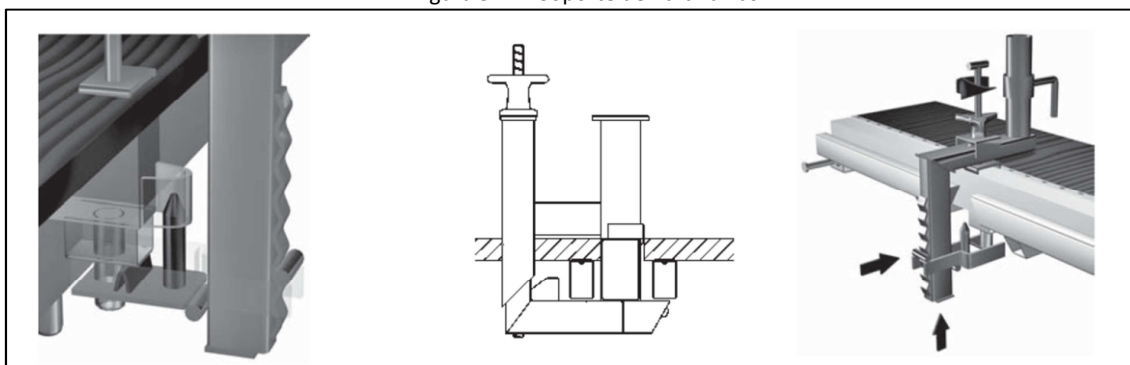
### 2.1.1. Elementos que componen los Sistemas de Protección de Borde.

Seguidamente se van a ir describiendo las partes en las que componen los sistemas provisionales de protección de borde formado por barandillas.

#### 2.1.1.1. Pie de Barandilla, Montante o Guardacuerpos.

Es el elemento principal del sistema de protección de borde. Este elemento es el soporte vertical al cual se sujetan las barandillas y plintos o rodapiés. Generalmente está fabricado en tubo de acero de sección circular o cuadrangular, disponiendo a diferentes alturas piezas que posibilitan la fijación de la barandilla superior e intermedia y el rodapié. Las distancias entre los postes dependen de las longitudes de los elementos horizontales, pero se recomienda no superar los 2,50 m.

Figura 5.2.4. Soporte de Barandillas.



Fuente: INSHT. NTP 803.

Existen diferentes tipos de pie de barandilla como sargentos o pies cuya fijación se realiza mediante tornillos, puntos de anclaje integrados en la estructura, contrapesos, etc., no siendo admisibles las formadas por postes verticales de madera clavados al hormigón, en las cuales a su vez se clavan tablas horizontales y tampoco las formadas por puntales en los cuales se colocan horizontalmente barras de hierro de ferralla o tablas. Es importante tener en cuenta que estos sistemas deben estar acordes a la metodología de ejecución seleccionada y que deberán cumplir con las cargas y resistencias especificadas en la tabla 5.2.1 acreditadas por el fabricante o mediante certificación de una entidad acreditada.



### 2.1.1.2. Partes de la Barandilla.

La barandilla se compone de varias partes: barandilla superior o principal, barandilla intermedia y rodapié.

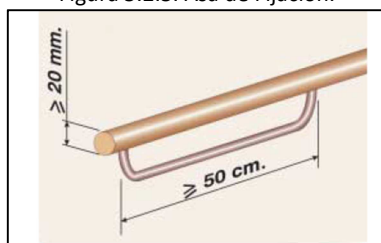
La **barandilla superior** o principal es un larguero o elemento continuo que forma la parte superior del sistema de protección de borde. Está destinada a proporcionar sujeción utilizando la mano y a cortar la trayectoria de movimiento de un trabajador que se dirigiera hacia el borde a proteger, impidiendo la caída de altura.

La **barandilla intermedia** es un larguero colocado en el hueco existente entre la barandilla superior y el plinto o rodapié, este elemento asegura una protección suplementaria tendente a evitar que pase el cuerpo de una persona por dicho hueco.

Ambas barandillas, en función del material que las constituyen, pueden ser:

- Metálicas: tubos de acero hueco con una longitud de unos 2,50 m, con anillas extremas para su fijación en las escuadras soldadas del montante. El apoyo debe hacerse por el tubo de mayor sección nunca debe apoyarse por las anillas.

Figura 5.2.5. Asa de Fijación.



Fuente: FLC (2.004).

- Madera: Tabloncillo de unos 3 cms de espesor, convenientemente revisado y sin pintar.

El **rodapié** es un elemento vertical específicamente previsto para prevenir la caída o deslizamiento de las personas o materiales desde la superficie de trabajo, es decir no solamente sirve para impedir que el pie de las personas que resbalen pase por debajo de la barandilla y listón intermedio, sino también para evitar permanentemente la caída de materiales. El borde superior del rodapié estará situado como mínimo a 150 mm por encima de la superficie de trabajo.

Como se ha comentado anteriormente también se pueden utilizar protecciones intermedias formadas por barreras cuya estructura es un mallazo metálico o una red de seguridad, siendo en este último caso redes del tipo U, de acuerdo con la norma UNE-EN 1263-1.

Imagen 5.2.1. Barandilla Malla Metálica.



Fuente: Catálogo Encofrados Alsina.

#### **2.1.1.3. Sistema de anclaje para alojamiento de pies de barandilla.**

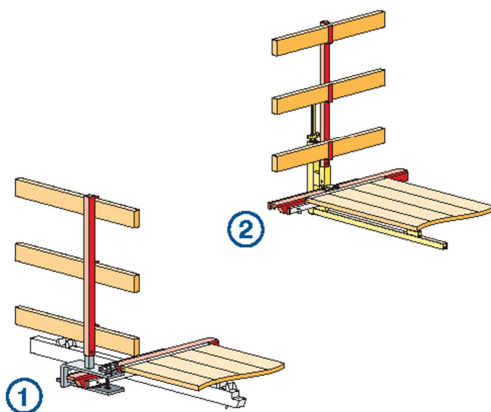
Los distintos sistemas deberán garantizar los requisitos especificados en la norma UNE, tanto para fijado a encofrado como a forjado, siendo recomendable el conjunto previsto por cada fabricante.

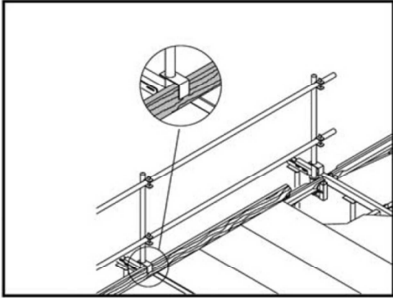
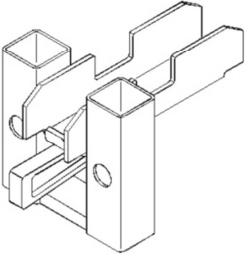
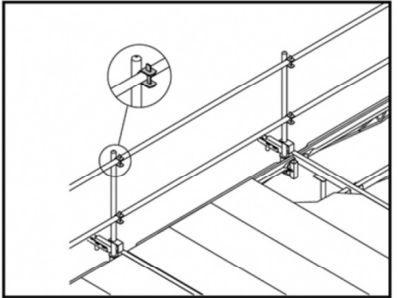
De este modo se puede encontrar un sistema de anclaje de barandilla para el encofrado tipo mecano, cuyo mecanismo consiste en la incorporación de una pieza que se aloja directamente en el mecano del encofrado. También existe en otros tipos de encofrado la posibilidad de alojar la barandilla en el cabezal de seguridad o soporte del guardacuerpos, que es una pieza incorporable o que forma parte de la estructura metálica del encofrado que permite la instalación de las barandillas de protección en el perímetro del encofrado. Ambos sistemas se han visto en el capítulo anterior de este trabajo al explicar los sistemas de encofrado.

Por último, se encuentran los sistemas de fijación al forjado que consisten en el empleo de unos cartuchos de plástico técnico o bien casquillos fabricados con chapa y tubo de acero, aunque este sistema se empleara con posterioridad al montaje del encofrado y por lo tanto no atañe a este proyecto.

### 2.1.2. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

A continuación se describirán las fases en las que se dividen los trabajos de montaje y desmontaje de los sistemas provisionales de protección de borde.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individual (EPI), específicos para el montaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema.
Replanteo del anclaje, para el posterior alojamiento del pie de la barandilla, en el borde del tablero. (Este trabajo se realizará una vez colocado el tablero de encofrado y si el sistema de encofrado no dispone de este anclaje).	La superficie sobre la que se asentará el anclaje deberá estar totalmente horizontal. El replanteo comenzará por una esquina de la superficie de encofrado, la distancia entre los postes dependerá de la longitud del elemento horizontal, recomendando no superar los 2,50 m.
Colocación del anclaje (si el sistema de encofrado no dispone de este elemento).	El anclaje se fija al canto del tablero mediante una mordaza a modo de gato, que es regulable para poder adaptarse a los distintos cantos de forjado o encofrado. El anclaje debe aprisionar el encofrado con toda la anchura de que disponga la pinza que forma la mordaza regulable. No debe quedar holguras entre el tubo vertical y el canto del forjado o encofrado.
Alojamiento de la pieza inferior del anclaje directamente en el mecano del encofrado. (Para los casos en los que en encofrado trae del anclaje).	La parte inferior del anclaje tiene que entrar totalmente en el mecano del encofrado. En las zonas de montaje donde los pies de las barandillas se tengan que montar en sentido transversal al mecano, estos se fijarán con la mordaza como se indica en la etapa anterior.
 <p>1. Montaje de baranda Mecano en sentido transversal. 2. Montaje de baranda Mecano en sentido perpendicular.</p> <p>Fuente: Catálogo Encofrados Alsina.</p>	
Si el sistema de encofrado dispone de cabezal de seguridad o soporte guardacuerpos la instalación se realizará sobre este elemento.	Se tiene que comprobar que el cabezal de seguridad está en perfectas condiciones.

 <p>Montaje de rodapiés</p>	 <p>Soporte</p>	 <p>Pie y largueros de barandillas sobre el cabezal de seguridad</p>
Fuente: INSHT. NTP 803.		
Posicionamiento de los guardacuerpos o pie de barandilla.	El montante debe quedar perpendicular a los planos de apoyo, asegurando la verticalidad y rigidez del montaje.	
Tras haber efectuado el posicionamiento de los guardacuerpos con la zona que se quiere proteger se procederá a completar el sistema con los elementos horizontales.	Durante la instalación y periódicamente hay que vigilar el apriete y ajuste de los soportes verticales (montante) y de los elementos horizontales (barandillas y plinto o rodapié), para garantizar la eficacia de la protección.	
Posicionamiento de las barandillas y rodapiés.	Los elementos horizontales deben quedar perfectamente apoyados y sujetos en los postes, comprobando que esto es así.	
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.	
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montado el sistema, el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.	

Cuando sea necesario realizar la retirada del sistema se deberán seguir los pasos que se especifican a continuación.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individual (EPI), específicos para el desmontaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Este desmontaje se realizará en orden inverso al del montaje y de forma ordenada.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.

Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
-------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 2.1.3. Mantenimiento y almacenamiento.

En cuanto al mantenimiento del sistema se deberá diferenciar entre las protecciones metálicas y de madera, en las primeras se deberá de comprobar su estado de oxidación, las alteraciones de la sección por golpes o esfuerzos y las fijaciones y aprietes, así como el estado de las soldaduras. Si el guardacuerpos dispone de una mordaza a modo de gato se deberá comprobar el paralelismo entre las dos pinzas para asegurarse una buena presión. Además se recomienda engrasar frecuentemente el mecanismo de apriete. Si el elemento es de madera se comprobarán los golpes, fisuras y nudos, las fijaciones y sujeciones y la longitud de los solapes, teniendo en cuenta además que no se deben pintar, salvo que se utilice barniz transparente.

Los postes y barandillas se transportarán en paquetes y las piezas pequeñas en cubos o contenedores adecuados, evitándose el lanzar elementos del sistema al suelo. Estos elementos se almacenarán en un sitio fresco y seco, limitando siempre que sea posible su exposición solar, todos los componentes se tienen que mantener alejados de materiales o sustancias agresivas.

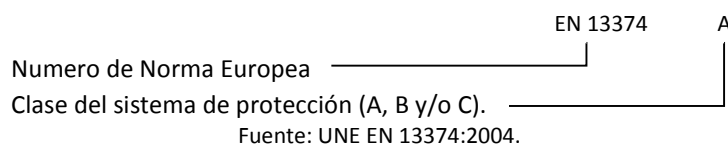
Una vez desmontados los elementos, se debe realizar una inspección de todos ellos, apartando los que estén defectuosos o necesiten reparaciones. Los trabajos de reparación y sustitución deben realizarse por personal cualificado para ello. Los controles periódicos de los elementos se efectuarán según lo especificado en las instrucciones del fabricante. Después de la caída de una persona u objeto hacia o en el sistema de protección de borde el sistema sólo debe reutilizarse después de haber sido inspeccionado por una persona competente.

### 2.1.4. Marcado.

Cada componente del sistema debe ir designado con su denominación específica. El marcado debe ser claro y visible y debe disponerse de tal manera que permanezca visible durante la vida de servicio del producto, conteniendo la siguiente información:

- Número de la Norma UNE-EN.
- Clase de sistema de protección de borde (A, B ó C).
- Nombre e identificación del fabricante o proveedor.
- Año y mes de fabricación o el número de serie.
- Los contrapesos (si dispone de ellos) deben marcarse con sus pesos en Kg.

Un ejemplo de designación para un sistema de protección de borde clase A sería el siguiente:



Las protecciones deben ir acompañadas del correspondiente manual de Instrucciones, indicando las características de los elementos (si los hubiera) que deben ir como complemento a sus sistemas y las cargas que se transmiten a la estructura que soporte la protección.

Los Sistemas Provisionales de Borde al igual que otros medios de protección colectiva y determinados medios auxiliares, son productos normalizados que no les es de aplicación el marcado CE por no existir legislación que lo regule, pero sí se debe garantizar la seguridad de estos productos, de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos y el V Convenio Colectivo de la Construcción.

## 2.2. Redes de Seguridad.

Las redes de seguridad son protecciones colectivas que sirven para evitar o limitar la caída de altura de personas u objetos. Se sujetan mediante una cuerda perimetral u otros elementos de sujeción o una combinación de ambos y como bien indica el V Convenio Colectivo del Sector de la Construcción *“En la elección y utilización de las redes de seguridad, siempre que sea técnicamente posible por el tipo de trabajos que se ejecuten, se dará prioridad a las redes que evitan la caída frente a las que sólo limitan o atenúan dicha caída”*. Para los trabajos de montaje y desmontaje de encofrados las redes de seguridad constituyen unos sistemas de protección que no resultan más eficaces que los arneses sujetos a líneas de vida, ya que como se irá viendo la mayoría de tipos de redes limitan más que evitan la caída de altura. Por el contrario son eficaces para evitar caídas de objetos a distinto nivel.

Las especificaciones con respecto a las redes de seguridad se pueden encontrar en la norma UNE-EN 1263:2.004, tanto en su parte primera como segunda. En esta norma se hace referencia a los cuatro sistemas de redes de seguridad que existen:

- Sistema S: Red de seguridad con cuerda perimetral.
- Sistema V: Red de seguridad con cuerda perimetral sujeta a un soporte tipo horca.
- Sistema T: Red de seguridad sujeta a consolas para la utilización horizontal.
- Sistema U: Red de seguridad sujeta a una estructura soporte para su utilización vertical. (Es un sistema provisional de protección de borde).


Teniendo en cuenta que este proyecto gira entorno a los trabajos con encofrados horizontales, se pasará a analizar únicamente los sistemas V, T y U, que son los adecuados para este tipo de trabajos, aunque antes conviene definir algunos conceptos que serán útiles para entender mejor los sistemas.

- Malla: Serie de cuerdas organizadas en un modelo geométrico básico (en cuadrados o rombos) formando una red.
- Red: La red es una conexión de mallas.
- Red de seguridad: Una red soportada por una cuerda perimetral u otros elementos de sujeción o una combinación de ellos, diseñada para recoger personas que caigan desde cierta altura.
- Tamaño de malla: Distancia entre dos nudos o conexiones de una cuerda de malla, medida de centro a centro de dicha conexión.
- Cuerda de malla: La cuerda con la cual están fabricadas las mallas de red.
- Cuerda Perimetral: Es la cuerda que pasa a través de cada malla en los bordes de una red y que determina las dimensiones de la red de seguridad.
- Cuerda de atado: La cuerda utilizada para atar la cuerda perimetral a un soporte adecuado.
- Cuerda de Unión: Cuerda utilizada para unir varias redes de seguridad.
- Cuerda de ensayo o testigo: Es un tramo separado de la cuerda de malla o de mallas que es alojada en la red de seguridad para determinar el deterioro al envejecimiento y que puede ser retirada sin alterar las prestaciones de la red.

- Estructura Soporte: Estructura a la cual están sujetas las redes y que contribuyen a la absorción de la energía cinética en caso de acciones dinámicas.
- Tipo: Clasificación de las redes en función de la energía de rotura y de la anchura de malla.
- Sistema: Conjunto de componentes de las redes de seguridad que forman un equipo para utilizarlo de acuerdo con el manual de instrucciones.

Las cuerdas que se utilizan en el atado, unión y perímetro de la red de seguridad varían según su uso y su resistencia. Se clasifican en doce tipos, los cuales se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 5.2.2. Tipos de Cuerdas para Red de Seguridad.

NOMBRE	TIPO DE CUERDA	IMAGEN
Cuerda K/P	cuerda Perimetral	
Cuerda L y F	cuerda de atado, con gaza uso sencillo, con un solo ramal de carga	
Cuerdas R y H	cuerda de atado, con gaza uso doble, con dos ramales de carga	
Cuerda M y G	Cuerda de atado, sin gaza uso sencillo, con un solo ramal de carga	
Cuerdas Z y J	cuerda de atado, sin gaza uso doble, con dos ramales de carga	
Cuerda N	Cuerda de unión con gaza	
Cuerda O	cuerda de unión sin gaza	

*Nota: Los extremos de las cuerdas estarán protegidos para evitar el deshilachado.*

Fuente: Elaboración Propia a partir de FLC (2.004)

Por su parte las redes se clasifican en cuatro tipos, dependiendo de los anchos de malla y de la energía mínima de rotura:

Tabla 5.2.3. Clasificación de las Redes.

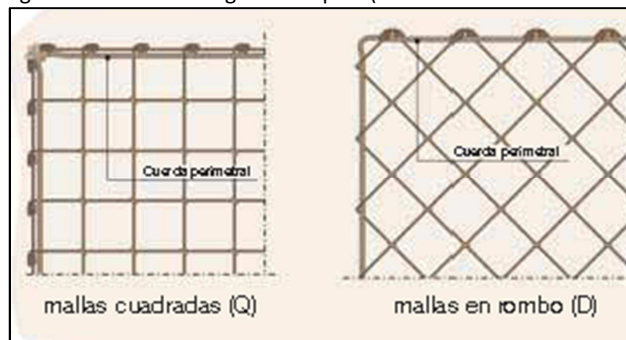
CLASE	ENERGÍA MÍNIMA DE ROTURA	ANCHO MÍNIMO DE MALLA
A1	Ea = 2,3 KJ	Lm = 60 mm
A2	Ea = 2,3 KJ	Lm = 100 mm
B1	Eb = 4,4 KJ	Lm = 60 mm
B2	Eb = 4,4 KJ	Lm = 100 mm

Fuente: UNE EN 1626-1:2002.

Los tipos de malla pueden ser Malla Cuadrada (Q), Malla en Rombo (D).



Figura 5.2.6. Red de Seguridad Tipo S (Red con Cuerda Perimetral)

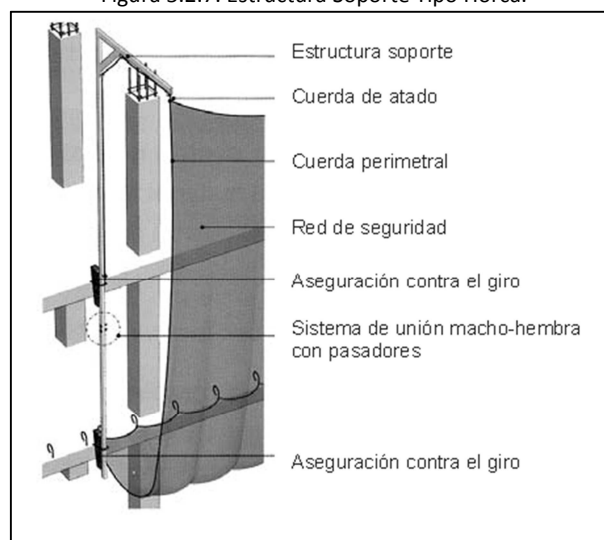


Fuente: FLC (2.004).

### 2.2.1. Sistema V (Red y horca).

Es un sistema constituido por la red clasificada como tipo V con un soporte tipo horca (pescante) anclado o embutido en el forjado. Este tipo de red no evita la caída de personas, lo que hace es disminuir la distancia de caída, por lo que **debe ir complementado con barandillas de protección**. Este sistema se instala durante la ejecución de las estructuras de hormigón, cerrando completamente todo el perímetro de la estructura en construcción. En los trabajos de encofrado de forjados, no se podrán comenzar a utilizar este sistema, hasta que las operaciones de montaje no comiencen en la segunda planta, ya que como mínimo debe haber una planta hormigonada para poder montar el sistema. Esta situación se debe a que es el momento, como se verá más adelante, en el que existen dos puntos de fijación para los soportes, el suelo y el elemento de fijación del primer forjado.

Figura 5.2.7. Estructura Soporte Tipo Horca.



Fuente: INSHT. NTP 804.

Los elementos del paño de red son los mismos que los descritos en el apartado anterior, aunque teniendo en cuenta el sistema, deben cumplir unas ciertas características que se enumeran a continuación:

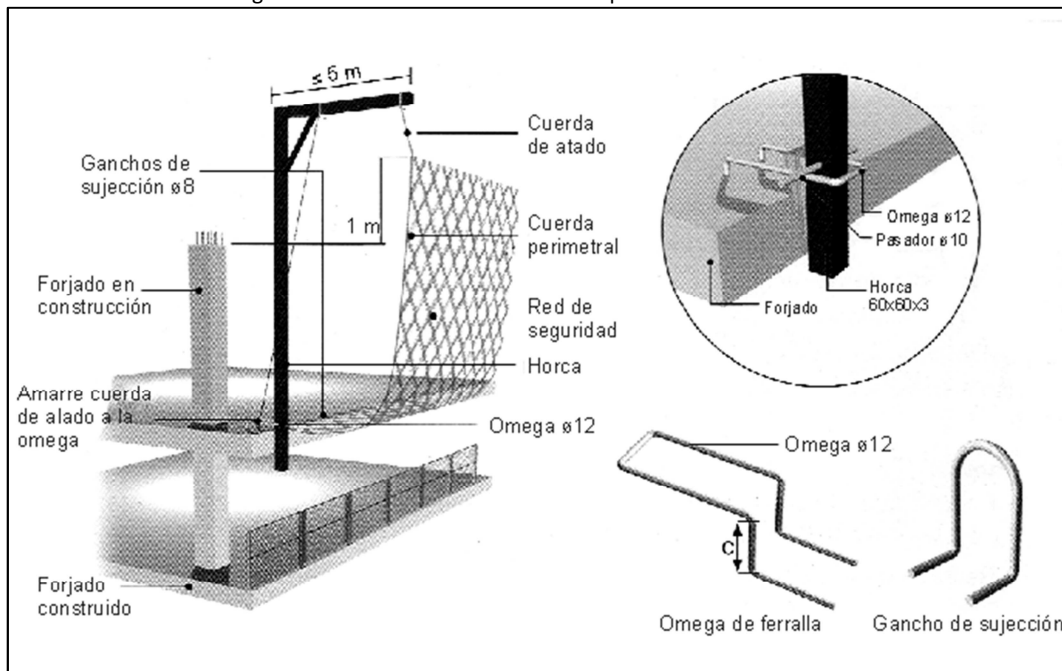
- Red de seguridad: Deberá ser del tipo A2 y por tanto su energía mínima de rotura será  $EA=2,3 \text{ KJ}$  y el ancho mínimo de malla  $L_m=100 \text{ mm}$ .
- Cuerda perimetral: Resistencia a la tracción debe ser  $\geq 20 \text{ KN}$ .
- Cuerda de atado: Deberá tener una resistencia a la tracción  $\geq 20 \text{ KN}$ , si la red se ata a una sola cuerda y  $\geq 10 \text{ KN}$ , si la red se ata con doble cuerda.
- Cuerda de unión: Resistencia a la tracción debe ser  $\geq 7,5 \text{ KN}$ .

En cuanto a los componentes de la estructura soporte y de los elementos de anclaje se definen los siguientes:

- Horca o Pescante: Elemento de soporte de la red en forma de “L” invertida. Consta de dos tramos cabezal y alargadera. Suele estar construida en tubo de acero de 3 mm de espesor y con sección protegida anticorrosión rectangular o cuadrada, de una sola pieza o dos mitades que se embuten y se unen con tornillo macho-hembra y tuerca. El brazo horizontal y parte del vertical disponen de anillas guía o pequeñas poleas para el paso guiado de las cuerdas de izado. Su colocación debe partir de una esquina del forjado (mediante replanteo), siendo la distancia aproximada entre dos soportes de 5,00 m. Las dimensiones más adecuadas son de altura comprendida entre 8 y 9 m y el tubo de sección cuadrada de 6x6 o 6,5x6,5 cm. El brazo del voladizo debe estar comprendido entre 2 y 4 m.
- Omegas: Son elementos para sujetar las horcas al forjado. Están fabricados con acero corrugado de 12 mm de  $\phi$ , los cuales se embuten en el canto del forjado, sobresaliendo de éste.
- Pasadores: Son unas piezas que se colocan en el orificio inferior de la alargadera de la horca para evitar el desplazamiento vertical de esta. Son de acero corrugado de 10 mm de  $\phi$  y de una longitud de 25 cm aproximadamente.
- Ganchos de sujeción: Elementos para fijar la cuerda perimetral de la red de seguridad al forjado inferior. Normalmente se fabrican con redondo de acero corrugado de 8 mm de  $\phi$ . La distancia entre los dispositivos de anclaje del borde inferior para la

sujeción de la red al edificio no debe exceder de 50 cm. La distancia entre los puntos de anclaje y el borde del forjado del edificio debe ser, al menos, de 10 cm.

Figura 5.2.8. Detalles de distintos Componentes del sistema V.



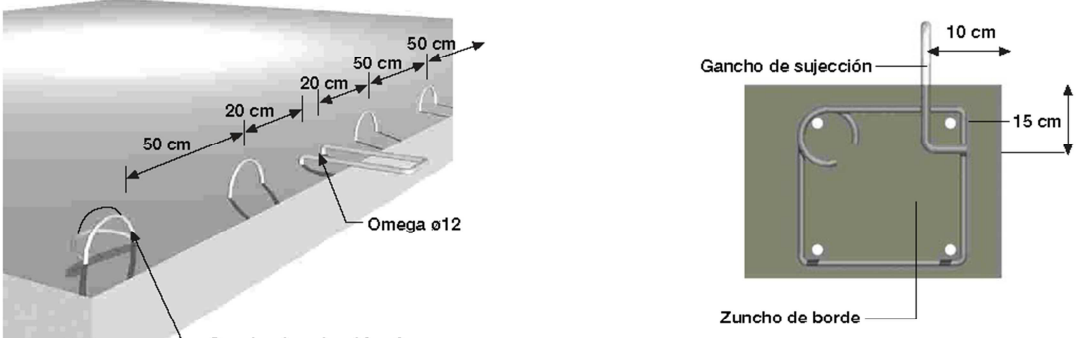
Fuente: INSHT. NTP 804.

Las dimensiones contempladas sirven para proteger 6 metros como máximo (dos plantas), aunque también se pueden utilizar horcas de menor longitud (6 m en vez de 8 m) para proteger un solo forjado.

#### 2.2.1.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

A continuación se describirán los trabajos de montaje y desmontaje de los sistemas V. Como los trabajos de montaje se pueden dividir en varios procesos y el sistema que se expone tiene algunas dificultades, se ha optado por dividir el procedimiento de montaje en varias fases para que al lector le queden más claro las diferentes etapas.

Para ello se va a comenzar por la colocación de los anclajes tanto de los soportes como de los paños de red. Estos elementos se deben colocar antes de hormigonar cualquier forjado de la estructura en construcción.

FASE PREVIA DE HORMIGONADO DE FORJADO.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Comienzo de los trabajos.	Se deberá comprobar que los <b>Sistemas provisionales de protección de borde</b> del forjado están debidamente colocados. Éstos no podrán ser eliminados en ningún momento.
Antes de hormigonar el forjado se debe instalar el anclaje de acero (tipo omega) en el borde del forjado, para el anclaje del mástil tipo Horca.	El replanteo comenzará por una esquina tanto saliente como entrante del forjado, siendo la distancia máxima entre estos elementos de 5,00 m. Las dimensiones de las omegas será de $\Phi$ 12 mm. Se colocaran atadas con alambre a la armadura del zuncho perimetral. Durante el replanteo e instalación se evitara pisar las bovedillas, caminando sobre la ferralla.
También se puede prever la colocación de un pasatubos que desempeñe las mismas funciones que las omegas.	
También antes de hormigonar el forjado, se deben instalar, a lo largo de éste, los ganchos en los que se anclara la cuerda perimetral de la parte inferior de la red.	Se podrán ir colocando conforme se vaya hormigonando el forjado. Estos anclajes se tienen que situar a una distancia de 0,50 m entre si y a 0,20 m de las omegas. La distancia al borde del forjado será como mínimo de 10 cm y siempre por detrás del redondo más exterior del zuncho perimetral. La entrega de los ganchos de sujeción en el zuncho perimetral será $\geq 15$ cm.
 <p>Fuente: Catalogo Rombull Ronets.</p>	

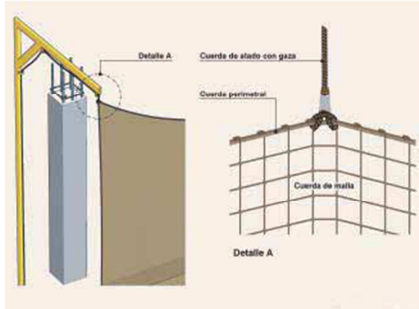

Una vez colocados los anclajes y hormigonado el forjado de la primera planta (techo de planta baja) se puede comenzar a colocar el sistema de seguridad, para proteger los trabajos de encofrado que comiencen a realizarse a partir de la segunda planta de la estructura.

FASE DE COLOCACIÓN DE ESTRUCTURA SOPORTE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Comienzo de los trabajos.	Se deberá comprobar que los <b>Sistemas provisionales de protección de borde</b> del forjado están debidamente colocados. Éstos no podrán ser eliminados en ningún momento. Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI necesarios en una obra de construcción.

Si los soportes tipo horca son de dos piezas se unirán con tornillo y tuerca.	Se introduce la cabeza en el cajetín de empalme de la alargadera. Se colocan los tornillos de fijación en la unión de los dos tramos. Los trabajadores deberán asegurarse de que la unión entre las piezas es correcta.
Con las horcas en el suelo se pasa la cuerda de atado por las anillas del mástil, dejando una longitud suficiente de cuerda para que alcance luego la red.	Atar los dos cabos de cuerda en forma de "O" para un manejo más cómodo y así evitar que deslíen. Usar tramos de cuerda de aproximadamente 15 m de longitud.
Retirar las barandillas tanto en la planta inferior como en la planta superior.	Únicamente se eliminarán las barandillas de las zonas donde irán a colocarse los soportes. Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el proceso de montaje del sistema.
Las horcas se posicionarán en su lugar por medio de una grúa y con ayuda de dos trabajadores se introducirán por los cajetines.	Las horcas estarán dispuestas con una inclinación respecto a la horizontal entre 80º y 85º, para evitar el balanceo de los trabajadores hacia el interior del forjado en caso de caída.
El soporte tipo horca irá sujeto en dos puntos uno el anclaje en el forjado inferior y otro con un anclaje en el forjado superior.	Los trabajadores deberán asegurarse de que el soporte tipo horca está bien sujeto a los anclajes. Se procederá a acuñar el soporte para que quede estable y no pueda girar.

Como el atado de los paños de red puede realizarse desde la planta baja o la planta superior a continuación se especifica ambas fases de ejecución, comenzando con la fase de atado desde la planta baja.

FASE DE ATADO DESDE LA PLANTA BAJA	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
1. Inicio de la fase de trabajo retirando el resto de <b>Sistemas provisionales de protección de borde</b> que no se habían eliminado en la fase anterior.	Los trabajadores deberán seguir dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el proceso de montaje del sistema.
2. Atado de la primera esquina del primer paño de red con cuerda de atado.	Un primer trabajador, localizado en la planta superior, bajará la cuerda de atado del primer soporte hasta la altura de la red. Un segundo trabajador a nivel de suelo, atará la cuerda a la esquina de la red con doble nudo. Las redes de seguridad se empezarán a colocar desde el soporte situado en la esquina del forjado.
3. Enganche de la cuerda de atado al primer mástil.	El primer trabajador iza la cuerda hasta mitad de la altura y la anclará al enganche de atado del mástil, para evitar que se baje.
4. Atado de la segunda esquina de la red del primer paño y la primera esquina del segundo paño con la cuerda de atado.	Se baja la cuerda de izado del segundo soporte y se ata a la otra esquina de la red, junto a la primera esquina de la red siguiente, con doble nudo.
5. Atado del primer paño de red al segundo paño de red.	El primer trabajador eleva poco a poco la cuerda hasta la altura de los hombros del que está debajo para que éste realice el atado de unión de los paños de red.

	<p>Se recomienda hacer un ovillo con la cuerda para un paso más cómodo por las redes.</p> <p>La unión de redes de seguridad se realizará con cuerdas de unión.</p> <p>El atado se realizará en forma de “S” por las cuerdas perimetrales de los dos paños y realizando un nudo cada diez pasos, como máximo.</p> <p>La unión se efectuará de tal manera que no existan distancias sin sujetar mayores a 100 mm dentro del área de la red. No está permitido el solapo de redes.</p>
 <p><i>Atado del borde superior de la red de seguridad al soporte tipo "horca" mediante una cuerda de atado</i></p>  <p><i>Cosido de red tipo V</i></p> <p>Fuente: FLC (2.004).</p>	
6. Enganche de la cuerda de atado al segundo mástil.	El primer trabajador izará la red hasta media altura y la atará al mástil
7. Izado completo de la red sobre el primer mástil.	El trabajador que está arriba subirá la cuerda de izado del primer soporte hasta casi tocar la anilla de la horca y procederá a atarla debidamente en el enganche de la misma.
8. Atado de la segunda esquina del segundo paño de red con cuerda de atado.	El primer trabajador bajará la cuerda del tercer soporte, el segundo trabajador atará las dos esquinas de las redes y se repetirán los pasos anteriores 5 y 6.
9. Izado completo de la red sobre el segundo mástil.	<p>El primer trabajador izará la cuerda del segundo soporte lentamente hasta arriba, mientras el segundo sigue realizando el atado de unión de los paños de red (como se ha mencionado en el paso 5) y atará las dos esquinas inferiores de la red con un doble nudo. Una vez terminado el atado de paños, el trabajador situado más arriba subirá la red y la atará definitivamente.</p> <p>El proceso se repetirá sucesivamente.</p> <p>La parte alta de la red debe quedar como mínimo a un metro sobre la cota del plano de trabajo.</p> <p>Durante estos procesos los trabajadores deberán estar perfectamente coordinados debiendo existir una comunicación perfecta entre ambos.</p> <p>Además se deberán revisar todos los atados que se hayan realizado, tanto entre paños de redes como entre el soporte y la red.</p>

El atado desde la planta superior se puede dividir de la siguiente manera.

ATADO DESDE LA PLANTA SUPERIOR.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
1. Se suben las redes a la planta superior y se van extendiendo a lo largo del borde del forjado y se retiran el resto de <b>sistemas provisionales de protección de borde</b>	Los trabajadores deberán seguir dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el proceso de montaje del sistema. Las redes se atarán provisionalmente a los ganchos de anclaje para evitar su caída.
2. Atado de la primera esquina del primer paño de red con cuerda de atado.	Las redes de seguridad se empezarán a colocar desde el soporte situado en la esquina del forjado. El primer trabajador baja la cuerda del primer soporte (él colocado en la esquina del forjado) hasta el forjado, donde se ata a la esquina de la red con doble nudo. Luego la cuerda de izado se ata al enganche del mástil para que no se baje.
3. Atado de la segunda esquina de la red del primer paño y la primera esquina del segundo paño con la cuerda de atado.	Se baja la cuerda del segundo mástil y se ata a la esquina de la primera y de la segunda red con doble nudo y se vuelve a atar al mástil. Se deberá comprobar que el atado es correcto.
4. Se repiten estos dos pasos anteriores en todos los soportes.	Los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b> se recolocarán en aquellas zonas en las que no se trabaje.
5. Atado de los paños de red entre sí.	Se sueltan las redes de los ganchos, se procede a atar parte de los paños entre si hasta que se prevean que se pueden amarrar (una vez subidas las redes desde la planta) y se dejan caer. Los dos trabajadores realizarán el atado de unión de los paños como se ha explicado anteriormente en la Fase de Atado Desde la Planta Baja. Durante estos procesos los trabajadores deberán estar perfectamente coordinados debiendo existir una comunicación perfecta entre ambos.
6. Una vez atados todos los paños, se izarán las cuerdas de los soportes hasta casi tocar la anilla de éstos y se atarán definitivamente.	La parte alta de la red debe quedar como mínimo a un metro sobre la cota del plano de trabajo. Además se deberán revisar todos los atados que se hayan realizado, tanto entre paños de redes como entre el soporte y la red.

Una vez están colocados los soportes, atados los paños de red y sujeto todo el conjunto se amarra la cuerda perimetral al forjado.

FASE DE AMARRADO DE CUERDA PERIMETRAL A FORJADO.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Se amarrará la cuerda perimetral a los ganchos de anclaje inferiores dejando una bolsa, como máximo, de 30 cm.	La red se instalará de tal manera que la bolsa que forme nunca supere el plano inferior del forjado donde se ancle. En los ganchos de sujeción solo estará alojada la cuerda perimetral, no debiendo sujetarse mallas, ya que la cuerda perimetral no aportaría absorción de energía y la red podría romperse. Una vez alojada la cuerda perimetral en los ganchos de sujeción, se golpearán para su doblado y cierre. No dejar huecos sin proteger.

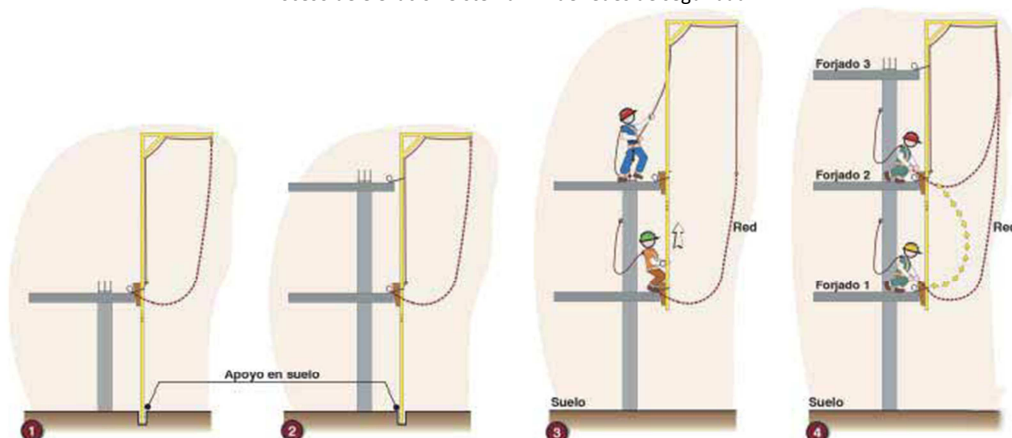


Colocada la red verticalmente y amarrada correctamente a los ganchos del forjado, se procede a colocar nuevamente la barandilla.	Los trabajadores deberán seguir dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros. No dejar huecos sin proteger.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Este sistema tiene la facilidad de que puede ir elevándose una vez sea preciso sin tener que desmontarse por completo. Para ello se deberán seguir los pasos especificados a continuación.

ELEVACIONES POSTERIORES.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
1. Requiere instalar previamente los cajetines o anclajes y los ganchos para el amarre inferior de los paños de red.	Estará <b>prohibido</b> realizar este trabajo si los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b> del forjado no están debidamente colocadas.
2. Soltar la cuerda perimetral de los ganchos del forjado.	Todo esto se realizará desde el interior del forjado, protegidos por los <b>sistemas de protección de borde</b> que no se quitarán a no ser que sea necesario.  Si se eliminan cualquier <b>sistema de protección de borde</b> , los trabajadores deberán estar dotados <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros. Se seguirán las medidas de seguridad descritas anteriormente en cada punto.
3. Se suelta la cuerda de izado para elevar el soporte, pero manteniéndola asida por un trabajador.	
4. Se iza la horca con la grúa hasta la plata superior.	
5. Se coloca el pasador en la parte inferior del soporte.	
6. Una vez colocado el soporte, se procede a izar de nuevo las redes con la cuerda de izado.	
7. Se sujeta la red perimetral a los ganchos del borde del forjado dejando la bolsa correspondiente.	
8. Si se ha eliminado alguna barandilla se coloca donde proceda.	

Proceso de elevación Sistema "V" de redes de seguridad.



Fuente: FLC (2.004).



Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Los trabajos de desmontado del sistema V consistirá en los siguientes pasos.

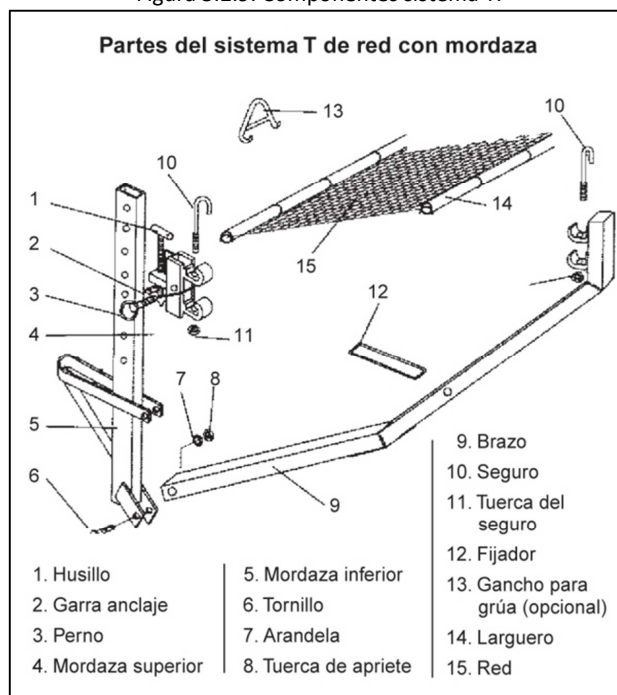
FASE DE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el desmontaje del sistema provisional de protección de borde.	Para el desmontaje de este sistema siempre se trabajará por detrás de los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b> instalados. En caso de no ser posible los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI necesarios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Soltar las cuerdas de atado desde el forjado de la última planta, desenganchar la cuerda perimetral de los ganchos de sujeción y recoger las redes.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.
Desunir las redes de seguridad cortando las cuerdas de unión y doblar cuidadosamente las redes para su traslado y almacenaje.	
Enganchar la horca con la grúa por debajo de la escuadra, quitar la cuña de madera y el pasador, para proceder a la retirada y acopio de la horca.	
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

### 2.2.2. Sistema T (Red de Bandeja).

El sistema T está compuesto por un conjunto de redes horizontales solapadas entre sí y apoyadas sobre largueros. Estos se acoplan a unos soportes metálicos tipo mordaza que a su vez se anclan a la estructura del edificio.

Cubren 6,00 m de altura de caída desde el plano de trabajo, debido al voladizo de 3,00 m del que dispone. Este sistema debe montarse lo más cerca posible del nivel de la superficie de trabajo y los brazos con la red deben mantener un desnivel del 10 % respecto a la prolongación del forjado. Este sistema no es aplicable para proteger el primer forjado debido a que para la fijación del soporte al mismo es necesario que este fraguado dicho forjado.

Figura 5.2.9. Componentes sistema T.



Fuente: INSHT. NTP 804.

Debido a la flexibilidad y elasticidad del sistema, la red, al recibir un impacto, forma una bolsa de recogida en torno a la masa atrapando ésta, amortiguando su caída e impidiendo que salga despedida fuera del sistema.

Figura 5.2.10. Componentes sistema T.



Fuente: INSHT. NTP 804.

Al igual que en el caso anterior los elementos del paño de red son los descritos hasta el momento, es decir, la red de seguridad, la cuerda perimetral, la cuerda de atado y la cuerda de unión, que en este caso no debe dejar sin sujetar distancias superiores a 100 mm.

Por su parte la estructura soporte de este sistema está constituido por los siguientes elementos:

- **Largueros o Tirantes:** Son tubos metálicos por los que se introduce la red malla a malla. Están constituidos por materiales flexibles apropiados para obtener una deformación plástica óptima, formando, junto a la red, una bolsa de recogida. Hay dos tipos de largueros, los superiores que van enganchados al brazo del soporte mediante un agarre con seguro y los inferiores que van anclados al soporte y provistos igualmente de un seguro.

Imagen 5.2.2. Larguero y Detalle de Instalación de Red.



Fuente: FLC (2.004).

- **Soporte:** Es un elemento metálico al que se acoplan los largueros. Existen diversos modelos y formas de anclarlos al edificio. Consta de dos partes, la base que es la que ejerce la fuerza sobre el forjado en el caso de recibir un impacto y la mordaza que es el conjunto de elementos metálicos (husillo, seguros, etc.) que se fijan al suelo mediante dos tacos metálicos (tras haber hecho los taladros al suelo convenientemente) y un husillo que se ajusta al borde del forjado. Dispone también de un seguro para el larguero inferior en su parte central y de un punto para fijar el brazo en su parte inferior.
- **Brazo:** Es un elemento metálico de una longitud aproximada de 5,00 m, constituido por diferentes tubos según los diferentes fabricantes. Se ancla al forjado unido a la base del soporte que, según el tipo de base, es fijado por pasadores o presionado con puntales. El brazo gira en un plano perpendicular a la fachada.

Imagen 5.2.3. Detalles de Anclaje de Soporte.



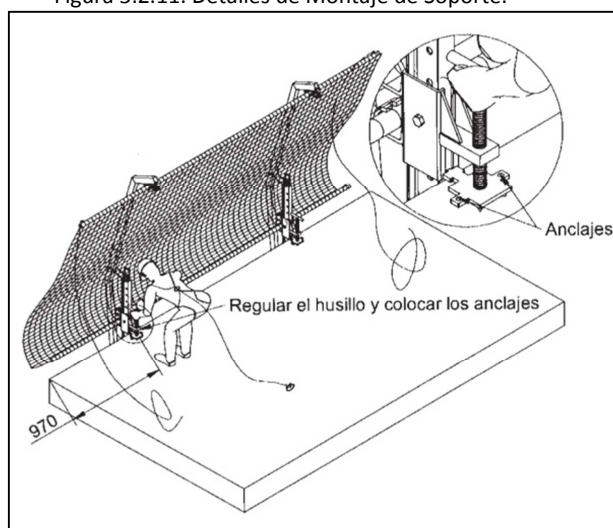
Fuente: FLC (2.004).

Al conjunto que forma el sistema T compuesto por la propia red, dos soportes con sus respectivos brazos y largueros se le denomina módulo. El módulo puede ser independiente si no comparte el soporte con otro, o de ampliación si comparte el soporte situado en medio de los dos módulos en el montaje manual.

El sistema T puede tener dos aplicaciones según la posición:

- Vertical: Evita la caída de materiales y personas al exterior. Para conseguir esta posición hay que instalar el fijador que une el brazo con el soporte. En este caso se comporta como red Tipo U detallada más adelante.

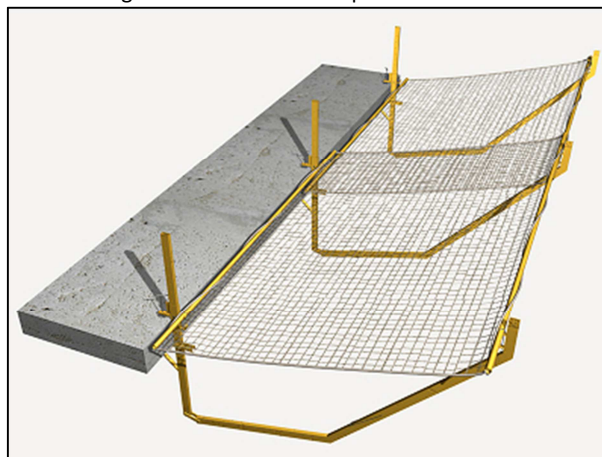
Figura 5.2.11. Detalles de Montaje de Soporte.



Fuente: INSHT. NTP 804.

- Horizontal: La red tiene una inclinación aproximada de  $10^\circ$  en relación a la horizontal en dirección hacia el interior de la obra. Con un voladizo de 3 m. resiste una altura de caída de 6 m.

Imagen 5.2.4. Sistema T en posición horizontal



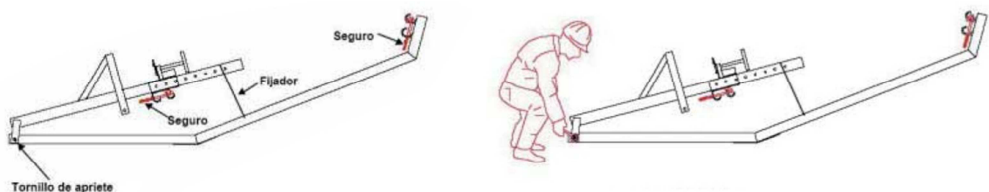
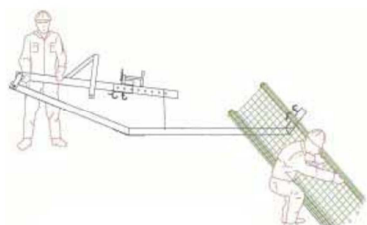
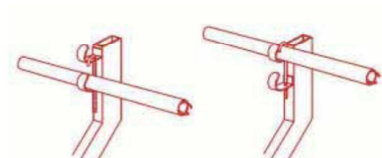
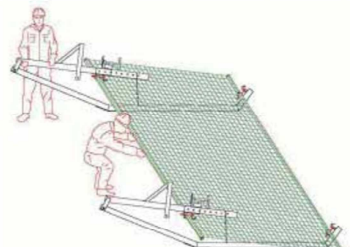
Fuente: Generador de Precios CYPE

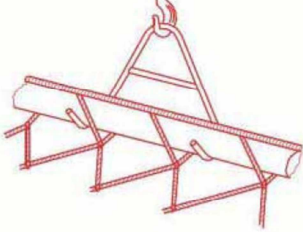
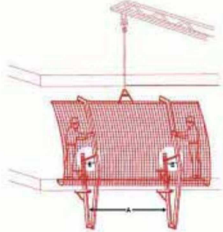
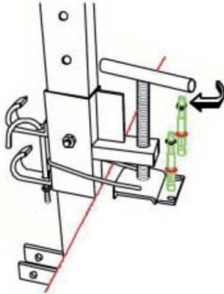
Este tipo de red no evita la caída de personas desde la superficie del encofrado, ya que estará colocado en el último forjado hormigonado por lo que debe ir complementado con sistemas provisionales de protección de borde.

#### 2.2.2.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

El montaje de este sistema debe de realizarse como mínimo por dos personas que deberán estar debidamente formadas.

MONTAJE DE MÓDULOS INDEPENDIENTES CON SOPORTE DE MORDAZA. (Montaje con grúa)	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Replantear los lugares en los que se colocarán los soportes y los brazos,	Los trabajadores deberán estar dotados de los EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema. Se empezará en una esquina del forjado. La distancia entre los soportes de los módulos independientes no será superior a 3,00 m, en el caso de redes de 4,50 m y de 4,50 m en el caso de redes de 6,00m. La separación entre un módulo independiente y el siguiente será, como máximo de 0,50m, el solapo entre dos redes consecutivas será de 1,00 m.
Montaje de brazos en soporte mordaza.	Todos estos trabajos se realizarán en una zona de la obra habilitada para ello. Acoplar los dos brazos, cada uno a un soporte mordaza, mediante tornillo y tuerca de apriete, teniendo posicionado el fijador del brazo anclado al soporte.

 <p style="text-align: center;"><i>Montaje de brazos en soportes mordaza</i></p> <p style="text-align: center;">Fuente: FLC (2.004).</p>	
Introducir la red en los largueros.	<p>Extender la red y colocar los largueros por los lados de mayor medida, introduciéndolos malla a malla, quedando una por cada lado. Anudar las gazas de las puntas de la red en una patilla de los largueros con cuerda de atado.</p> <p>Enrollar la red sobre un larguero como un carrete, evitando enganchones. Así quedará un larguero enrollando toda la red y el otro en posición normal.</p>
Colocación del larguero con red en los brazos.	<p>Colocar el soporte (brazo y mordaza) en el suelo con el brazo hacia el exterior de la fachada y situar el larguero que no enrolla la red sobre el gancho de apoyo del brazo, para fijarlo con el seguro.</p> <p>Repetir la misma operación con el segundo brazo.</p>
Extender el larguero con red por los brazos.	<p>Una vez fijado el larguero sobre los brazos, se va desplazando el larguero que enrolla la red hacia atrás, hasta alcanzar el gancho de apoyo de la mordaza. Así quedará un larguero apoyado sobre los brazos y el otro sobre los ganchos de la mordaza soporte.</p>
 <p style="text-align: center;"><i>Colocación de larguero superior con red en el primer brazo</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Enganches alternativos de Largueros al Brazo mediante seguro</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Módulo independiente</i></p> <p style="text-align: center;">Fuente: FLC (2.004).</p>	
Retirar las barandillas perimetrales necesarias para el montaje.	<p>Los trabajadores desde este momento deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.</p>

<p>Desplazar el módulo hasta su lugar definitivo.</p>	<p>Enganchar el larguero (por la parte central de su longitud) apoyado en los brazos mediante la grúa. Dos trabajadores ayudan a sacar poco a poco el módulo al borde del forjado. Los brazos deben estar sujetos al soporte con el fijador.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <p><i>Detalle Gancho de montaje opcional para la grúa</i></p> <p><i>Emplazamiento del Módulo mediante grúa</i></p> </div> <p style="text-align: center;">Fuente: FLC (2.004).</p>	
<p>Desplazar el módulo hasta la esquina del forjado donde se comenzará a colocar.</p>	<p>La superficie donde se coloque deberá ser plana, resistente y limpia para soportar el esfuerzo.</p>
<p>Una vez colocado el soporte mordaza en el borde del forjado, apretar el husillo girándolo en el sentido de las agujas del reloj.</p>	<p>Debe haber una cota de penetración en el forjado de 325 mm.</p>
<p>Una vez fijado el módulo se realizarán los orificios y se colocarán los tacos en la base de apoyo de la mordaza.</p>	<p>En este proceso de fijación de la mordaza, el trabajador deberá estar debidamente protegido del riesgo de caída al exterior (aunque la red puede estar en posición vertical a modo de protección de borde se recomienda seguir utilizando el <b>EPI contra caídas de altura</b>). Fijar el soporte de la segunda mordaza. Se repetirán todos los pasos anteriores con el siguiente módulo, aunque situando el larguero superior en el gancho del brazo distinto del colocado en el primer módulo.</p>
<div style="text-align: center;">  <p><i>Detalle sujeción del Soporte Mordaza</i></p> <p>Fuente: FLC (2.004).</p> </div>	
<p>Cosido entre paños de red</p>	<p>Una vez colocado el módulo en posición vertical (tener en cuenta que el solapado debe ser, como mínimo de 0,75 m), se procederá al cosido de las redes en ambos laterales del solape mediante cuerda de unión.</p>

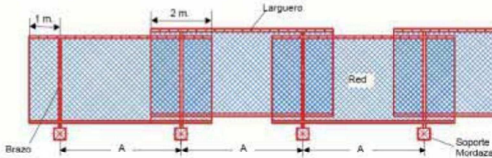
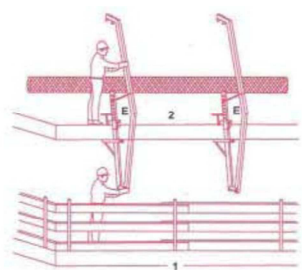
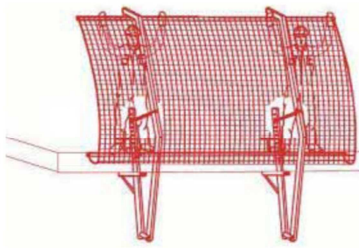


	Recordar que no deben existir distancias sin sujetar mayores a 100 mm dentro del área de la red y que han de realizarse nudos cada 50 cm, como máximo.
Atar una cuerda-guía de unos 5,00 m al larguero para controlar la maniobra de basculación del módulo.	La cuerda guía se emplazará en un lugar de fácil acceso y en reposo (nunca tirante), para evitar que se produzcan lesiones en una caída sobre la red. No dejar huecos sin proteger.
Bascular el modulo hasta que se encuentre en posición horizontal	Desbloquear los fijadores y soltar cuerda progresivamente hasta finalizar el descenso.
Terminación de los trabajos de montaje.	Instalar nuevamente los <b>sistemas de protección de borde</b> que hubieran sido retiradas.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
Comprobación final.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

A continuación se va a detallar el montaje de módulos de ampliación, sistema similar al explicado anteriormente de módulos independientes, pero en el que los largueros están diseñados para que se solapen entre redes consecutivas. Para su montaje se necesitan dos plantas hormigonadas. El análisis de este montaje se va a desarrollar teniendo en cuenta que se hace de forma manual.

<b>MONTAJE DE MÓDULOS DE AMPLIACIÓN CON SOPORTE MORDAZA. (Montaje Manual).</b>	
<b>FASES DE TRABAJO.</b>	<b>PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.</b>
Trasladar todos los elementos a la planta requerida.	Todos estos trabajos se realizarán con los <b>sistemas de protección de borde</b> colocados. Los trabajadores deberán estar dotados de los EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema.
Replanteo de los soportes del sistema.	Replantar los lugares en los que se instalarán posteriormente los soportes. Las distancias entre los soportes de los módulos no serán superiores a 2,50 m, en el caso de redes de 4,50 m, y de 4,00 m en el caso de redes de 6,00 m. Se recomienda un solape de 2,00 m.
Retirar los sistemas provisionales de protección de borde necesarios.	Los trabajadores desde este momento y deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.
Montar los soportes mordaza en la 2ª planta.	La superficie donde se coloque deberá ser plana,



	<p>resistente y limpia para soportar el esfuerzo.</p> <p>Se colocan en el borde del forjado apretando el husillo y taladrando y colocando los tornillos de fijación, para que queden correctamente anclados al hormigón, siguiendo el mismo proceso que en el montaje con grúa.</p>
 <p>Para Red de 3x4,5 mts.: A= Máximo 2,5 mts. Para Red de 3x6 mts.: A= Máximo 4 mts.</p> <p>Fuente: FLC (2.004).</p>	 <p>Proceso de montaje 1</p>
<p>Instalar los brazos en los soportes desde la planta 1ª.</p>	<p>En la planta 1ª no se podrán retirar las barandillas. Si esto fuera necesario el trabajador deberá utilizar el <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.</p> <p>El trabajador situado en la planta inferior colocará el tornillo y la tuerca de apriete, mientras que el trabajador ubicado en la planta superior mantiene el brazo en posición vertical para posteriormente bloquearlo con el fijador.</p>
<p>Introducción de la red en los largueros.</p>	<p>Introducir la red en los largueros igual que se ha descrito anteriormente.</p>
<p>Extender el larguero con red por los brazos.</p>	<p>Acoplar el larguero superior en el gancho correspondiente y guiar el larguero inferior desenrollando la red hasta el gancho de la mordaza.</p> <p>Comprobar que la red se ha desenrollado totalmente y no queda ninguna vuelta enrollada.</p>
 <p>Proceso de montaje 2</p> <p>Fuente: FLC (2.004).</p>	
<p>Fijar los largueros mediante los seguros y las tuercas.</p>	<p>Se debe comprobar que la fijación es correcta</p>
<p>Montar el módulo siguiente acoplando el larguero en el brazo común y realizando el cosido con cuerda de unión.</p>	<p>Montar sólo una estructura soporte-brazo.</p>
<p>Atar una cuerda guía al larguero superior y proceder a quitar el fijador y a bascular la red.</p>	<p>Emplazar la cuerda guía en las mismas condiciones ya descritas anteriormente.</p> <p>No dejar huecos sin proteger.</p>
<p>Terminación de los trabajos de montaje.</p>	<p>Instalar nuevamente los <b>sistemas de protección de</b></p>

	<b>borde</b> que hubieran sido retiradas.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
Comprobación final.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Una vez que los trabajos se realicen a una altura superior a 6 m, el sistema tipo T deberá ser elevado a la siguiente planta siguiendo los siguientes pasos.

ELEVACIONES POSTERIORES.	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Colocar los módulos en posición vertical mediante la cuerda guía.	Durante todo este proceso para tener mayor seguridad se deberán mantener colocadas los <b>sistemas de protección de borde</b> .
Bloquear los brazos con los fijadores.	
Descoser el solape de las redes.	
Enganchar el larguero superior al gancho de la grúa.	Si por cualquier motivo fuera necesario eliminar los <b>sistemas de protección de borde</b> los operarios deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros.
Aflojar el husillo y quitar los tacos de fijación	
Iniciar el ascenso a la planta correspondiente.	
Colocar el módulo en su posición adecuada y apretar el husillo; desengancharlo de la grúa y situar los tacos metálicos en sus orificios de amarre al forjado.	En la planta donde se vayan a colocar las redes, los trabajadores desde este momento deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros. No dejar huecos sin proteger.
Subir el siguiente módulo de igual forma; mantener el mismo en posición vertical.	
Realizar el cosido de redes con la cuerda de unión.	
Colocar la cuerda guía y desbloquear los fijadores para realizar su basculación.	

Por último, se expone la fase de desmontaje del sistema que básicamente consistirá en lo siguiente.

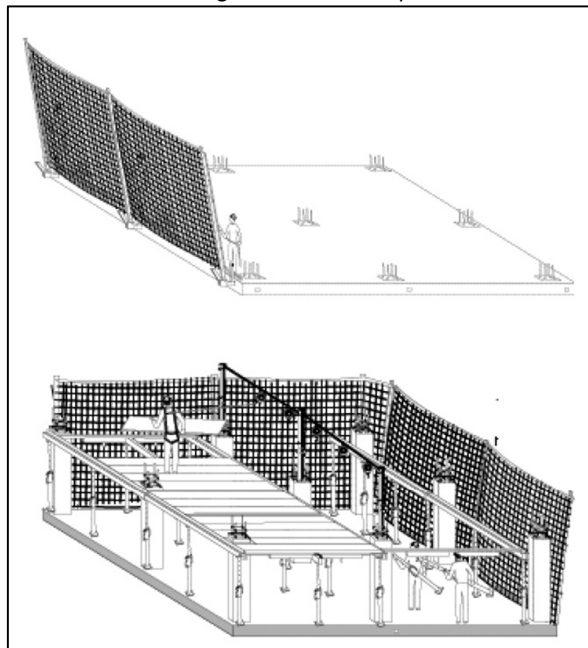
FASE DE DESMONTAJE.	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Este desmontaje se realizará en orden inverso al del	El desmontaje del sistema no se realizará hasta

montaje y de forma ordenada.	que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

### 2.2.3. Sistema U.

Este sistema está constituido por una red de seguridad sujeta a una estructura soporte embutida o anclada en el forjado, proporcionando de este modo una protección vertical. Por lo tanto este sistema actúa como un sistema de protección de borde. A de tenerse en cuenta que la norma sobre estos sistemas de protección permite utilizar la red de seguridad como protección intermedia, es decir como barrera de protección entre la barandilla principal o superior y la superficie de trabajo. Por ello el sistema U es una combinación entre una red de seguridad y una barandilla de protección. Por lo tanto este sistema deberá cumplir tanto las especificaciones relativas a redes de seguridad como a protecciones de borde.

Figura 5.2.12. Red Tipo U.



Fuente: INSHT. NTP 804.

Además del sistema habitual utilizado como protección de borde, en la Nota Técnica de Prevención número 804 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se refleja un sistema de red tipo U para la protección de los trabajos que se realicen en una planta superior a la de la instalación de la red y que se podría asimilar a protección que proporciona un sistema V.

Los elementos del paño de red de este sistema son los siguientes:

- Red de seguridad: Deberá ser del tipo A2 y por tanto su energía mínima de rotura será  $EA=2,3 \text{ KJ}$  y el ancho mínimo de malla  $Lm=100 \text{ mm}$ .
- Cuerda perimetral: Resistencia a la tracción debe ser  $\geq 20 \text{ KN}$ .
- Cuerda de atado: Deberá tener una resistencia a la tracción  $\geq 20 \text{ KN}$ , si la red se ata a una sola cuerda y  $\geq 10 \text{ KN}$ , si la red se ata con doble cuerda.
- Cuerda de unión: Resistencia a la tracción debe ser  $\geq 7,5 \text{ KN}$ .

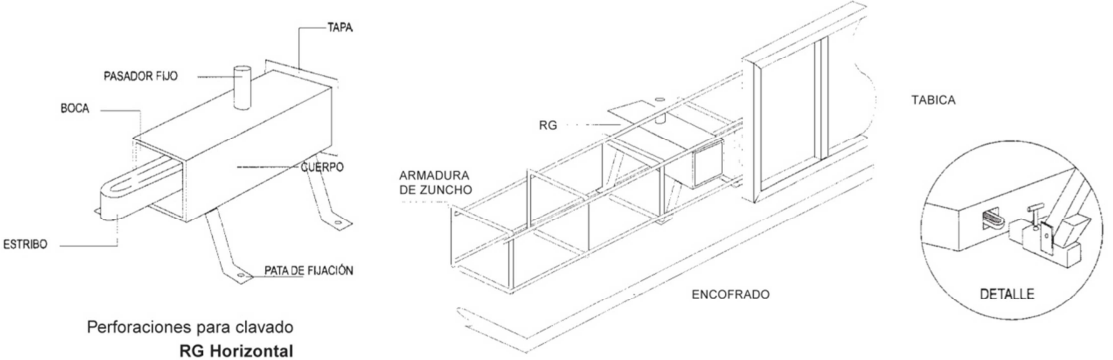
Por otro lado la estructura soporte está compuesto por los siguientes elementos:

- Misil de red: Estructura metálica que soporta la red de seguridad a  $90^\circ$ . Consta de dos tramos de  $3 \text{ m}$  de longitud. Suele estar construida en tubo de acero de  $3 \text{ mm}$  de espesor y con sección protegida anticorrosión. Las dimensiones más adecuadas son: altura comprendida entre  $5$  y  $6 \text{ m}$  y tubo de sección cuadrada de  $6 \times 6 \text{ cm}$  o  $6,5 \times 6,5 \text{ cm}$ .
- Ganchos de sujeción: Este elemento es el mismo que se describió para el sistema V, para fijar la cuerda perimetral de la red de seguridad al forjado.

#### **2.2.3.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.**

Si el sistema se utiliza como una protección provisional de borde, el procedimiento de montaje y desmontaje será el mismo que se ha descrito en el apartado 2.1.2 de este trabajo, exceptuando que a la hora de colocar la barandilla intermedia en este caso se colocará la red de seguridad tipo U.

En el caso de que la red que se coloque sea la que se refleja en la figura 5.2.12, el sistema se montara siguiendo los siguientes pasos, los cuales comenzarán antes del hormigonado del forjado inferior.

FASE PREVIA DE HORMIGONADO DE FORJADO.	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Comprobación de la existencia de protecciones colectivas.	Estará <b>prohibido</b> realizar este trabajo si los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b> del forjado no están debidamente colocados.
Colocación del anclaje del misil de red.	Antes de hormigonar el forjado se debe instalar el anclaje de acero en el borde del forjado. El replanteo comenzará por una esquina del forjado, siendo la distancia máxima entre estos elementos de 5,00 m.
Colocación ganchos para anclaje cuerda perimetral.	También antes de hormigonar el forjado, se deben instalar, a lo largo de éste, los ganchos en los que se anclara la cuerda perimetral de la parte inferior de la red, situándose a una distancia de 0,50 m.
 <p>Fuente: INSHT. NTP 804.</p>	

Una vez realizados los pasos previo se puede comenzar con el montaje de la red de la siguiente forma.

FASE DE MONTAJE.	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje del sistema.	Los trabajadores deberán estar dotados de los EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema.
Unión de las piezas que componen el soporte (misil).	Se unirán con tornillo y tuerca las dos piezas que componen el misil de red. Los trabajadores deberán asegurarse de que la unión entre las piezas es correcta.
Conexión entre cuerda de atado y soporte.	Se pasa la cuerda de atado por las anillas del soporte, dejando una longitud suficiente de cuerda para que alcance luego la red. Atar los dos cabos de cuerda en forma de "O" para un manejo más cómodo.
Retirar los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b> tanto en la planta inferior como en la planta superior.	Únicamente se eliminarán los <b>sistemas provisionales de protección de borde</b> de las zonas donde irán a colocarse los soportes. Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros durante todo el proceso de montaje del sistema.

Colocación de los soportes en su lugar definitivo.	Los soportes se posicionarán en su lugar por medio de una grúa y con ayuda de dos trabajadores se introducirán por los cajetines. Los trabajadores deberán asegurarse de que el soporte está bien sujeto a los anclajes. Se procederá a acuñar el soporte para que quede estable y no pueda girar.
Colocación de la red.	Izado de la red Amarre de la red. No dejar huecos sin proteger.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

El desmontaje del sistema consistirá en la realización de los siguientes pasos.

FASE DE DESMONTAJE.	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Este desmontaje se realizará en orden inverso al del montaje y de forma ordenada.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

#### 2.2.4. Mantenimiento y almacenamiento.

Todos los elementos metálicos del sistema de redes de seguridad deberán estar sujetos a un estricto mantenimiento. Sustituirlos cuando estén deformados por golpes, cuando su estado de oxidación lo exija o si se hubiera producido la caída de una persona u objeto pesado en la red.

Esto se puede comprobar realizando una revisión por personal convenientemente instruido previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, periodo de utilización o cualquier otra circunstancia, consistente en una inspección visual realizando las siguientes comprobaciones:

- Que no existan objetos dentro de la red y si fuera así se retirarán en ese mismo momento.
- Si se ha producido la caída de una persona u objetos pesados.

En cuanto a la red, teniendo en cuenta que el medio donde se utilizan (la obra) es de carácter altamente agresivo, se han de tomar una serie de precauciones:

- La cuerda perimetral no debe presentar cortes ni desfibrados.
- Las Mallas no deben presentar rotos.
- De las uniones (cosido de solapes), entre Redes de Seguridad.
- La Red deberá estar limpia de objetos cortantes, punzantes y abrasivos (clavos, redondos de acero, madera, hormigón, cemento, grasa, etc.).
- En caso que el deterioro haya sido mayor, (exposición solar elevada, etc.) se comunicará la necesidad de sustituir la Red.
- Ensayo de Tracción, de las cuerdas o mallas testigo, enviando éstas al Fabricante correspondiente para la comprobación de su carga mínima de rotura.
- Pasada su fecha de caducidad, deberá ser retirada de servicio.
- Al igual que en los elementos metálicos, en caso de caída de personas u objetos pesados sobre la misma se procederá de inmediato a sustituir ésta por una nueva.

Por lo que respecta al almacenamiento del sistema habrá que diferenciar igualmente entre los soportes y las redes. Los primeros se almacenarán de la siguiente forma:

- Todos los elementos deben almacenarse en un sitio seco.
- La limpieza de estos componentes antes de su almacenamiento, así como el lijado y pintado de sus partes oxidadas aumentará la vida útil de los mismos.
- Las piezas metálicas deformadas se deben eliminar y sustituir por otras nuevas.

El almacenamiento de las redes será de la siguiente forma:

- Almacenar las Redes en lugares o estancias cubiertas y secas, protegidas de la radiación solar, y alejadas de zonas húmedas.
- En ningún caso se almacenarán junto a fuentes de calor o zonas en la que puedan entrar en contacto con materiales o sustancias agresivas (ácidos, disolventes, aceites, soldaduras, cementos, radiales etc.).
- No sacar la Red de seguridad de la bolsa hasta el momento preciso de su montaje.
- Proteger con lonas ignífugas si están colocadas o almacenadas en zonas afectadas por trabajos de soldadura.
- Secarlas totalmente si están mojadas.
- Limpiar de restos de hormigón u otros productos.
- Doblarlas para su almacenamiento, guardándolas y conservándolas en bolsas, cajas, sacos, etc., para evitar su deterioro.

#### 2.2.5. Marcado.

Las redes de seguridad deberán contener la siguiente información en su etiquetado:

- El nombre o marca del fabricante o importador.
- La designación donde se especificará su denominación, la referencia a la norma europea, el sistema de la red de seguridad, la clase de red y los detalles sobre el tamaño de malla, la forma de la malla, el tamaño de la red y el nivel de control de la producción.

Un ejemplo de designación para una red de seguridad tipo V sería el siguiente:

	Red de seguridad.	EN 1263-1	V	A2	Q90	10x20	M
Denominación	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Numero de Norma Europea	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Sistema de Red de Seguridad.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Clase de Red.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Forma de la malla y dimensiones de la malla en (mm).	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Dimensión de la red en metros.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Nivel de Control de Calidad.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Fuente: UNE EN 1236-1:2004.

- El número de identificación, que deberá ser el mismo para la cuerda de malla y para la malla de ensayo para poder identificarlos correctamente.



- El año y mes de fabricación de la red.
- La capacidad mínima de absorción de energía de la malla de ensayo.
- El código del artículo del fabricante.
- Firma del organismo competente independiente.

Al igual que ocurre con los Sistemas Provisionales de Borde las Redes de Seguridad son productos normalizados que no les es de aplicación el marcado CE por no existir legislación que lo regule, pero sí se debe garantizar la seguridad de estos productos, de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos y el V Convenio Colectivo de la Construcción.

### 2.3. Redes Bajo Forjado.

Es un sistema de protección colectiva que limita la caída de los trabajadores al forjado inferior o al vacío durante el proceso de encofrado, permitiendo una movilidad prácticamente total de los trabajadores por encima del área protegida. Puede utilizarse tanto en el caso de colocación de tableros en los encofrados continuos, como cuando sólo se encofran jácenas y zunchos y permite el desplazamiento de los operarios mientras se completa la superficie de encofrado. Aunque este tipo de redes no sustituyen las protecciones de borde perimetral, como ocurría en los casos anteriores.

La norma técnica que debe cumplir este tipo de redes es la UNE 81652:2013 Redes de Seguridad Bajo Forjado, publicada en marzo de 2.013. Antes de la existencia de esta norma los fabricantes debían realizar ensayos adecuados y obtener las certificaciones que correspondieran con el fin de garantizar su resistencia.

Existen dos sistemas de redes de seguridad bajo forjado que se distinguen por sus características de utilización y por la clase de red. Por lo que respecta al tipo de redes éstas se clasifican dependiendo de la energía mínima de rotura.

Tabla 5.2.4. Clasificación de las Redes.

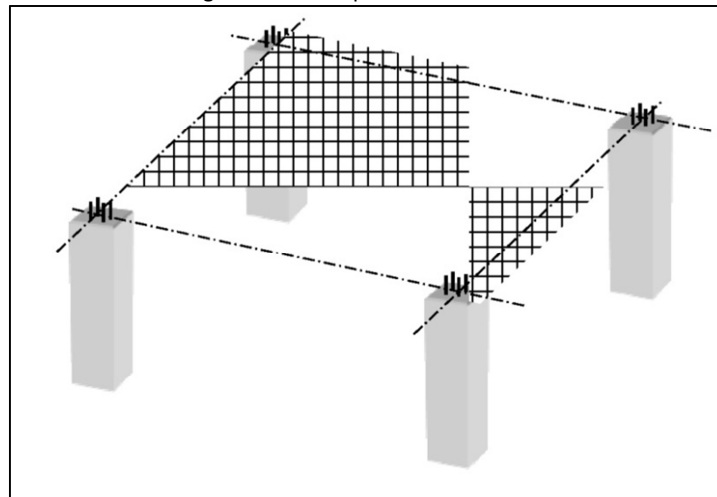
CLASE	TAMAÑO MÁXIMO DE MALLA	ENERGÍA MÍNIMA DE ROTURA
BFA	Lm = 100 mm	$E_{BFX} = 1,5 \text{ KJ}$
BFB	Lm = 100 mm	$E_{BFX} = 2,3 \text{ KJ}$

Fuente: AENOR (2.013). UNE 81652:2013.

En cuanto a los sistemas, éstos se definen de la siguiente manera.

- Sistema A (BFA): Red no recuperable con o sin cuerda perimetral instalada en el sistema de encofrado horizontal o estructura soporte diseñada para proteger a las personas en caso de caída durante la ejecución de forjados en obras de construcción.

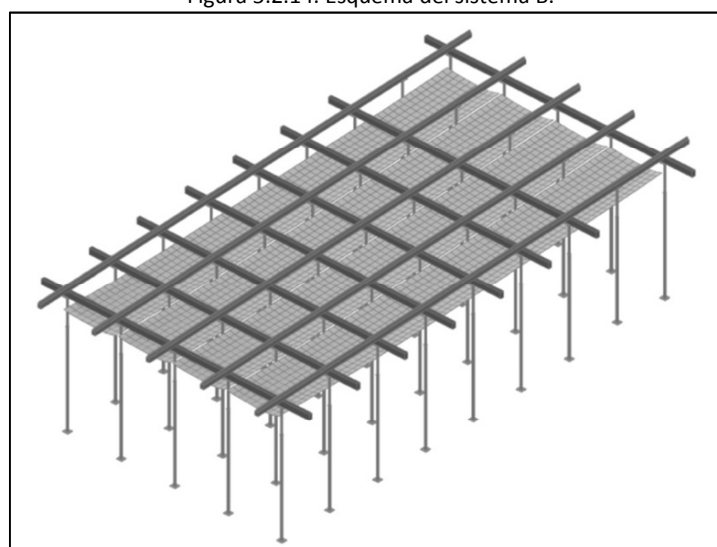
Figura 5.2.13. Esquema del sistema A.



Fuente: AENOR (2.013). UNE 81652:2013.

- Sistema B (BFB): Red recuperable con cuerda perimetral instalada en el sistema de encofrado horizontal o estructura soporte, diseñada para proteger a las personas en caso de caída durante la ejecución de estructuras en obras de construcción.

Figura 5.2.14. Esquema del sistema B.



Fuente: AENOR (2.013). UNE 81652:2013.

Los componentes de este sistema son prácticamente los mismos que se han descrito en el apartado correspondiente a las redes de seguridad (2.2), malla, red, red de seguridad, cuerda de malla, cuerda de atado, cuerda perimetral, cuerda de unión, malla testigo de ensayo, etc., a excepción de los que se enumeran a continuación:

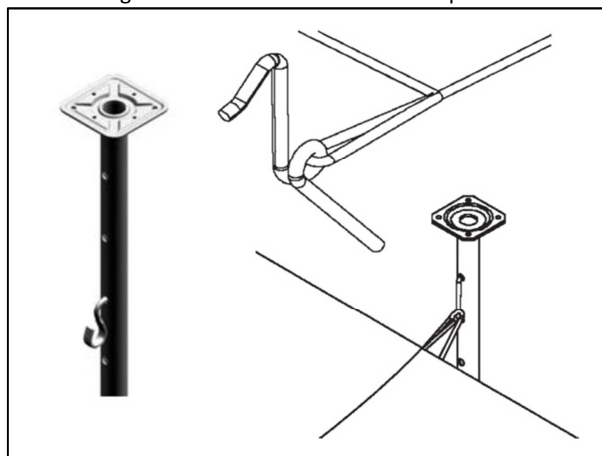
- Red de Seguridad Bajo Forjado: Red de seguridad para proteger a las personas en caso de caída, durante la ejecución de forjados en obras de construcción.
- Dispositivo de anclaje: Elemento resistente al cual se sujeta por un lado la red de seguridad y por otro se conectan con las estructuras provisionales o definitivas.
- Sistema de encofrado: Estructura auxiliar provisional destinada a la retención y moldeo del hormigón fresco, que asume la responsabilidad de resistir las cargas que actúen sobre él, hasta que el hormigón haya adquirido la resistencia suficiente.

Como se puede observar, en esta relación de componentes aparece el sistema de encofrado, que se sustituye por la estructura soporte que aparece en las redes descritas anteriormente, ya que en este caso la malla de red aprovecha la existencia de la estructura auxiliar del encofrado para sujetarse, por lo tanto este sistema carece de estructura soporte.

En cuanto a los dispositivos de anclaje se pueden distinguir varios. En este trabajo se describen los siguientes:

- Gancho de unión de la red al puntal: Es una pieza de acero cuya finalidad es la conexión de la red con el puntal.

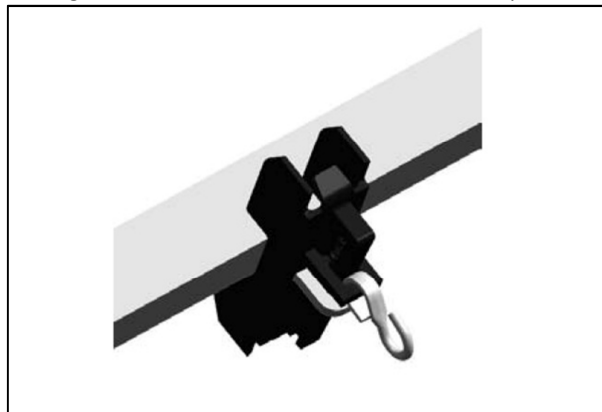
Figura 5.2.15. Gancho en "S" sobre puntal.



Fuente: INSHT. NTP 804.

- Gancho de unión de la red al cabezal recuperable: De características similares unen la red al cabezal.

Imagen 5.2.16. Gancho en “S” sobre cabezal recuperable.



Fuente: INSHT. NTP 804.

Estos ganchos pueden ser simples en “S” (se pasa la cuerda perimetral de la red enlazándolo en sus extremos) o pueden constar de tres partes, el extremo superior, en forma de gancho, que facilita la unión al apuntalamiento aprovechando los orificios de este, la parte central formando un bucle que constituye un anillo por el que queda unida a la superficie de protección y el extremo inferior tiene la función de mango que permite asirla con comodidad. (No todos tienen maneta o mango, los hay con forma de “S” con cuello de cisne, con “S” y un extremo achatado).

Una característica que se debe tener muy en cuenta, es que las redes fabricadas de acuerdo a las especificaciones de la norma UNE 81652:2013 tendrán una caducidad de un año a partir de la fecha de fabricación especificada en el etiquetado del fabricante.

Por lo tanto este sistema de red de seguridad bajo forjado queda constituido por el conjunto formado por el tipo de encofrado, el gancho de sujeción, el tipo de red y los puntales.

### 2.3.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

El procedimiento de montaje del sistema consiste en la fijación de los paños de redes de seguridad mediante ganchos de acero a los puntales del encofrado. A la hora de su montaje habrá que diferenciar si se trata de una red de uso único (sistema A) o de una red de seguridad bajo forjado reutilizable (sistema B).



FASE DE MONTAJE DEL SISTEMA A.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI necesarios en una obra de construcción.
Distribución de la red a lo ancho de toda la calle entre pilares hasta que quede totalmente cubierta.	Para calcular el ancho de red a utilizar se deberá considerar la separación entre crujeas más 1 m. Es decir si la distancia entre ejes de pilares es de 5 m, la red tendrán 6 m, así el sobrante actuará como cuerda perimetral.
Elevación de la red hasta que quede apoyada por encima de la estructura del encofrado	Este trabajo se realizará desde el último forjado hormigonado, con la ayuda de los medios auxiliares necesarios (escaleras de tijera, torres móviles). Cuando esta operación se realice junto al borde del forjado solamente podrá utilizarse una torre móvil con sus correspondientes <b>barandillas de protección</b> .
Sujeción de la red	El sobrante de la red se introduce entre las esperas de los pilares, siendo éstos, su principal punto de apoyo.
Refuerzo de los apoyos de la red.	La red se irá fijando a las sopandas del encofrado por medio de puntas cada metro aproximadamente para que quede reforzada. También se puede fijar las redes, prensando las mallas sobrantes entre las sopandas del encofrado y la cabeza de los puntales o usando pasadores a través de sus taladros.
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Esquema instalación red desechable</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Esquema extendido red desechable con rollos</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Red desechable</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Fuente: FLC (2.004).</p>	
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Una vez se ha hormigonado el forjado y ha llegado el momento de proceder al desencofrado del mismo se deberá desmontar la red.

FASE DE DESMONTAJE DEL SISTEMA A.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el desmontaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de desmontaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Eliminación de la red mediante el cortado de la misma.	Nunca se procederá a desencofrar el forjado si antes no se ha eliminado la red.

El sistema de red bajo forjado reutilizable o sistema B, tendrán las siguientes etapas de montaje.

FASE DE MONTAJE DEL SISTEMA B.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI necesarios en una obra de construcción.
Distribución de la red a lo ancho de toda la calle entre puntales hasta que quede totalmente cubierta.	La dimensión de estas redes dependerá de la distancia entre las carreras de puntales, pues de ellos dependerá la anchura de las calles que debemos proteger.
Colocación de los ganchos de sujeción.	Este trabajo se realizará desde el último forjado hormigonado, con la ayuda si es necesario de medios auxiliares (escaleras de tijera, torres móviles). Mediante los ganchos de unión la red quedará sujeta a los puntales o al cabezal recuperable. Es necesario colocar un gancho por puntal. Si se utiliza gancho de unión con cabezal recuperable sus distancias serán iguales a la distancia entre puntales. La distancia no debe ser superior a 1,00 m del tablero de encofrado. Cuando esta operación se realice junto al borde del forjado solamente podrá utilizarse una torre móvil con sus correspondientes <b>barandillas de protección</b> .
Sujeción de la red a la primera calle de puntales.	Las redes se instalan una por calle de puntales pasando la cuerda perimetral por los ganchos en posición de espera.
Sujeción de la red a la segunda y sucesivas calles de puntales.	Un solo gancho acogerá a las redes de seguridad ésta y la anterior calle de puntales, haciendo que se crucen para que queden más tensas. Los ganchos de una calle central siempre compartirán la malla de red de dos calles.

	
<i>Colocación del gancho</i>	<i>Red reutilizable instalada</i>
Fuente: FLC (2.004).	
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montada la red el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Al igual que sucedía con el sistema A una vez se ha hormigonado el forjado se debe proceder al desencofrado del mismo, desmontando antes la red.

FASE DE DESMONTAJE DEL SISTEMA B.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el desmontaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de desmontaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción, y ayudados por medios auxiliares si fuera necesario.
Este desmontaje se realizará en orden inverso al del montaje y de forma ordenada.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.

### 2.3.2. Mantenimiento y almacenamiento.

El mantenimiento y almacenamiento de este sistema será el mismo que se ha explicado en el punto 2.2.4 para el sistema constituido por redes de seguridad.

### 2.3.3. Marcado.

Las redes de seguridad bajo encofrado de los Sistemas A y B, deben identificarse con la siguiente información:

- Nombre o marca del fabricante, importador, y/o suministrador.
- Designación de la red de seguridad bajo forjado, la cual debe incluir su denominación, la referencia a esta norma española, el sistema de la red de seguridad, la clase de red

y los detalles sobre el tamaño de la malla, la forma de la malla, el tamaño de la red y el nivel de control de la producción.

Denominación	BF	UNE 81652	B	C	Q90	1x10
Numero de Norma UNE						
Sistema						
Tipo de cuerda perimetral; cosida (C), pasada (P). (Obligatorio Sistema B).						
Tamaño y forma de la malla (mm).						
Dimensión de la red en metros.						

Fuente: UNE 81652:2013.

- El año y mes de fabricación de la red y fecha de caducidad.
- Código de artículo del fabricante.
- Logotipo de la organización independiente que otorga la evaluación de conformidad.
- Pictograma de lectura del manual de instrucciones.
- Identificación de la naturaleza del material textil, con el que se ha fabricado la red de seguridad: polipropileno (PP), poliamida (PA), poliéster (PES), etc.

El marcado debe ser permanente y se dispondrá en las redes de seguridad bajo forjado del sistema A, al inicio y al final de los diferentes paños confeccionados. Asimismo las cuerdas de malla, las cuerdas de unión y atado y los anclajes, también deben de llevar su marcado correspondiente.

Como ocurre con el resto de Redes de Seguridad son productos normalizados aunque en este caso únicamente a nivel nacional, por lo que no existe legislación sobre comercialización de estos productos a nivel de la Unión Europea, no siendo de aplicación el marcado CE. Pero al igual que todos los sistemas vistos hasta el momento sí se debe garantizar la seguridad de estos productos, de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos y el V Convenio Colectivo de la Construcción.

#### 2.4. Andamio Perimetral de Protección de Componentes Prefabricados.

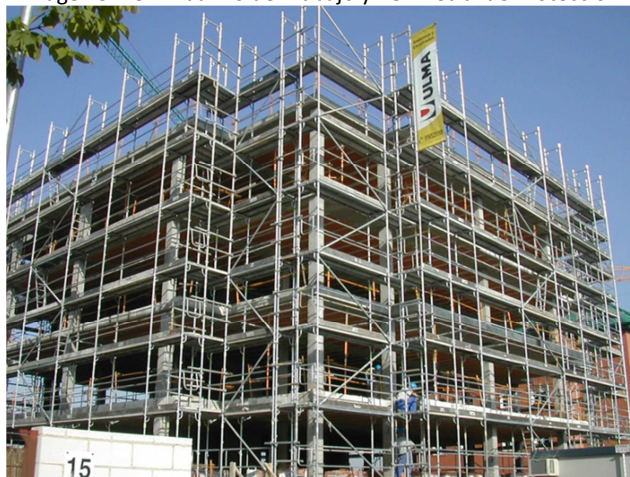
Los andamios de componentes prefabricados son estructuras tubulares provisionales que se presentan en diversas variantes y sistemas modulares y que debidamente dispuestos proporcionan un área segura de trabajo y de protección.



Según se haya planificado y definido su uso los andamios pueden cumplir simultáneamente la función de habilitar superficies de trabajo, sustentación de carga, protección perimetral, recorrido de servicio (como medio de acceso de operarios y/o materiales al forjado), equipo móvil auxiliar, etc.

En el caso que centra este trabajo los andamios constituidos por componentes prefabricados pueden actuar como protección perimetral, debiendo de cumplir las especificaciones realizadas en el apartado 2.1 correspondiente a Sistemas Provisionales de Protección de Borde. Pero además estas estructuras auxiliares proporcionarán un lugar seguro de trabajo para la construcción de los distintos forjados y en algunos casos para el acceso necesario, por lo que también deberán cumplir el Real decreto 1.215/1.997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo y el Real Decreto 2.177/2.004, de 12 de noviembre, que lo modifica en materia de trabajos temporales en altura. Además deben cumplir las especificaciones que se establecen en la colección de normas UNE-EN 12810:2005 en su parte 1 y 2 relativas a los Andamios de Fachada de Componentes prefabricados y la norma UNE-EN 12811 en sus partes 1, 2 y 3 referentes a los Equipamientos para Trabajos temporales en Obras.

Imagen 5.2.5. Andamio de Trabajo y Perimetral de Protección.



Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

Este tipo de andamios se estabiliza mediante su anclaje a la fachada del edificio, de este modo se asegurará que no se mueva o vuelque de manera no intencionada, pudiéndose realizar los trabajos de una forma segura. Para poder utilizarlo durante los trabajos de encofrado, será necesario ir anclando el andamio de elementos prefabricados a la estructura ya terminada del

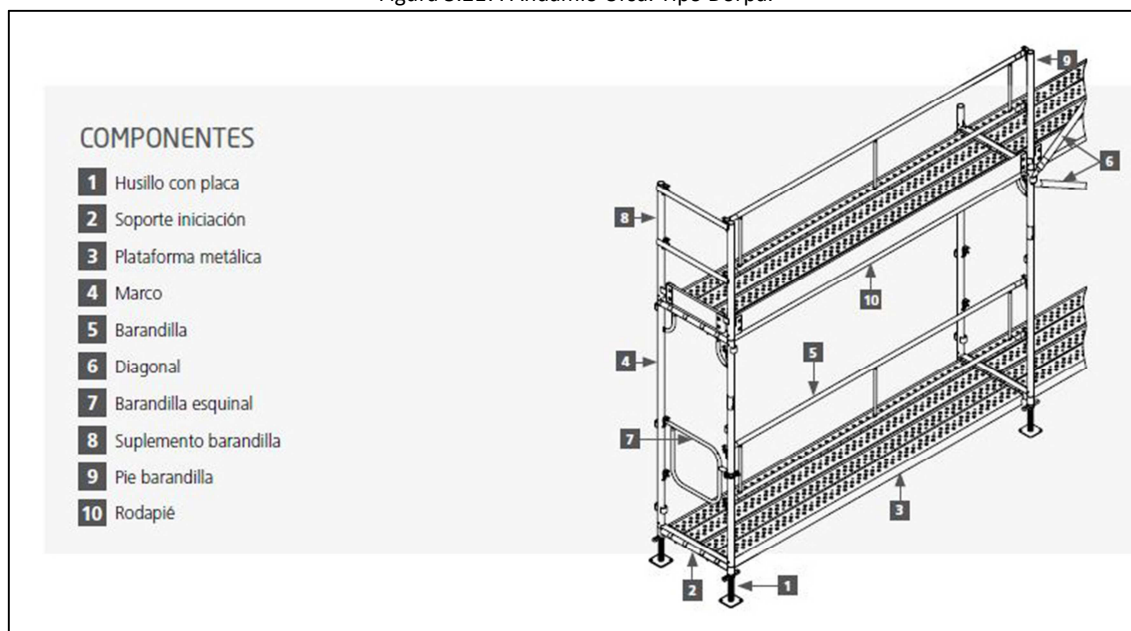
edificio en construcción. Así pues, conforme se vayan ejecutando plantas de la estructura se irán agregando componentes del andamio para ir protegiendo a los trabajadores que se encuentran realizando las operaciones de encofrado de los nuevos forjados.

Estas estructuras auxiliares a diferencia de los sistemas vistos hasta el momento, pueden servir para la protección de los trabajadores durante la ejecución de otras unidades de obras como pueden ser las fachadas. Por lo que con su utilización se evitaría la utilización de diferentes protecciones colectivas simultáneamente y además se simplificarían los continuos procesos de montaje y desmontaje de estas protecciones.

Los componentes fundamentalmente utilizados en los sistemas prefabricados de andamios son los siguientes:

- Montante: Elemento vertical.
- Travesaño: Elemento, normalmente, en la dirección de la dimensión más pequeña del andamio de trabajo.
- Marco: Componente de un sistema de andamio que no puede desagregarse, sirve además de arriostramiento y proporciona rigidez tangencial, puede ser horizontal o vertical.
- Plataforma: Una o más unidades de plataforma en un módulo del mismo nivel.
- Unidad de plataforma: Unidad que soporta una carga en sí misma y que forma la plataforma o parte de la plataforma y que puede formar una parte estructural de un andamio de trabajo.
- Larguero: Componente horizontal, normalmente en la dirección de la dimensión mayor del andamio de trabajo.
- Diagonal: Componente de un sistema de andamio que no puede desagregarse, sirve además de arriostramiento y proporciona rigidez tangencial, puede ser horizontal o vertical.
- Anclaje: Medios insertados en, o acoplados a, la estructura para acoplar un miembro de unión.
- Placa Base: placa utilizada para distribuir la carga en un montante sobre un área mayor.
- Base Regulable: Placa base que tiene un dispositivo de regulación vertical. Componentes con la finalidad de salvar el terreno inclinado.

Figura 5.217. Andamio Ursa. Tipo Dorpa.



Fuente: <http://www.ulma-c.com/Inicio/Home.aspx>

Además de estos componentes también se encuentran los sistemas para facilitar la protección lateral como son la barandilla principal, intermedia, rodapié, etc, los componentes de acceso como son la escalera de mano o acceso y los componentes auxiliares donde se pueden encontrar viseras de protección, ménsulas, red de seguridad, lonas, etc. Estos andamios se clasifican en función de las cargas que pueden soportar, las plataformas y sus apoyos, la anchura del sistema, la altura libre, el revestimiento (material pensado normalmente para dar protección contra la climatología y el polvo, normalmente mallas o redes) y el método de acceso vertical.

Tabla 5.2.5. Clasificación del Sistema de Andamio.

Criterio de Clasificación	Clases
Carga de Servicio	1,2,3,4,5,6, de acuerdo con la tabla 3 de la norma EN 12811-1:2005
Plataforma y sus apoyos	(D) diseñado con (N) no diseñado con ensayo de caída.
Anchura del sistema	SW06, SW09, SW12, SW15, SW18, SW21, SW24
Altura libre	H1 y H2 de acuerdo con la tabla 2 de la Norma EN 12811-1:2005
Revestimiento	(B) con o (A) sin equipamiento de revestimiento.
Método de acceso vertical	(LA) con escalera de mano o (ST) con escalera de acceso o (LS) con ambas

Fuente: UNE EN 12810-1:2005.

Como ya se ha mencionado anteriormente las áreas de trabajo y de acceso deben estar salvaguardadas por una protección lateral consistente en al menos una barandilla principal, una

protección lateral intermedia y un rodapié, estando permitido prescindir de este en las escaleras. Estos elementos deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Barandilla principal: Debe fijarse de modo que su superficie superior esté a 1 m o más sobre el nivel adyacente de cualquier parte del área de trabajo (altura mínima absoluta 950 mm).
- Protección lateral intermedia: Ubicada entre la barandilla principal y el rodapié. Este elemento puede consistir en una o más barandillas intermedias, una estructura mallada, un marco o marco del que la barandilla principal forme el extremo superior. Las aberturas en las protecciones laterales deben ser dimensionadas de tal manera que una esfera de 470 mm de diámetro no pueda pasar a través de las mismas.
- Rodapié: Su extremo superior debe estar a menos de 150 mm sobre el nivel adyacente del área de trabajo. Los huecos y ranuras en un rodapié no deben, excepto para registros, ser más anchas de 25 mm en una dirección.
- Estructuras malladas: El área de cada hueco o ranura en las estructuras malladas no debe exceder de 100 cm<sup>2</sup>. Además la dimensión horizontal de cada hueco o ranura horizontal no debe exceder de 50 mm.
- Ubicación de los componentes de la protección lateral: La dimensión horizontal entre la cara exterior del rodapié y la cara interior de la barandilla y todos los componentes de la protección lateral intermedia no debe exceder de 80 mm.

Tras la relación de estos elementos se puede apreciar como sus características son prácticamente las mismas que se exigen en la norma UNE-EN 13374:2004, para las protecciones provisionales de borde de clase A (apartado 2.1), quedando fuera las clases B y C que están diseñadas para resistir más cargas y sobre todo detener a una persona que se desliza por una superficie inclinada. Por lo que en los casos donde se utilicen los andamios en trabajos de encofrados verticales, será necesaria la protección adicional de unas barandillas de la clase B o C según el caso.

Durante el montaje de los andamios para proteger a los trabajadores de las operaciones de encofrado, siempre se dará la circunstancia de no tener el tramo superior del andamio anclado a la estructura, ya que esta todavía no existirá. Para ello la norma establece que para configuraciones de sistemas sin revestimiento, debe de existir la posibilidad de una zona de 3,80 m de altura libre de anclajes por encima y debajo del nivel de anclado.

Por ultimo mencionar que la estructura y demás componentes de los andamios deben estar formados por tubos de acero o aleaciones de aluminio. Las unidades de plataforma pueden ser de madera o materiales basados en madera siempre y cuando tengan la clasificación resistente establecida en la Norma UNE 338, su superficie debe ser antideslizante. Los materiales deben estar exentos de cualquier anomalía que afecte a su comportamiento, como pueden ser deformaciones en los tubos, nudos mal cortados en la madera, oxidación, etc.

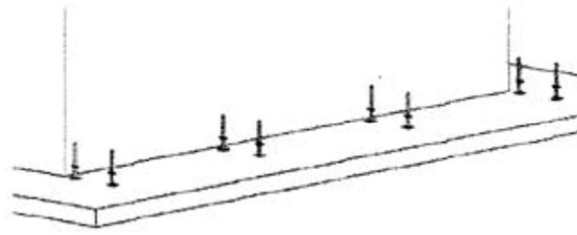
#### 2.4.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

El montaje y desmontaje seguro de los andamios los deben hacer personas especializadas bajo una dirección técnica y siguiendo un plan de montaje bien definido; a continuación se describen los trabajos de montaje de la primera altura del andamio pero antes se deben de tomar las siguientes consideraciones iniciales.

El tipo de andamio se ha de adecuar al trabajo que se va a realizar debiendo tener las dimensiones apropiadas para acceder a todas las zonas de trabajo. En ningún caso se pueden utilizar elementos de modelos o fabricantes diferentes.

Los materiales utilizados han de ser de buena calidad, mantenidos y en buen estado. En el caso de plataformas de madera, éstas estarán exentas de nudos u otros defectos que comprometan su resistencia. Los tubos metálicos no deben haber sido utilizados para otros cometidos o estar deteriorados por la oxidación o corrosión.

FASE DE MONTAJE DE LA PRIMERA ALTURA DEL ANDAMIO.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados durante todo el proceso de montaje del sistema, de todos los EPI obligatorios en una obra de construcción.
Colocación de las bases regulables en los puntos definidos en el replanteo.	Se debe comprobar la resistencia del terreno donde se vaya a montar el andamio, que debe montarse sobre una superficie plana y compactada o en su defecto sobre tablas, tabloncillos planos de reparto o durmientes, aconsejándose el claveteado en la base de apoyo del andamio. Está expresamente prohibido el soporte de los andamios tubulares sobre suplementos formados por bidones, materiales diversos (ladrillos, bovedillas, etc.), torretas de madera, etc. Siempre se comenzará a colocar estos dispositivos del punto más alto al más bajo.



Fuente: INSHT. NTP 670.

Introducir el soporte de iniciación dentro de la base regulable

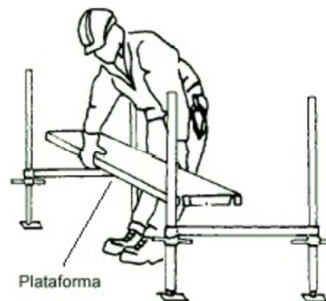
Colocar siempre los soportes de iniciación a no ser que el proyecto del andamio o las instrucciones del fabricante digan lo contrario.



Fuente: INSHT. NTP 670.

Colocación de una plataforma en los soportes de iniciación.

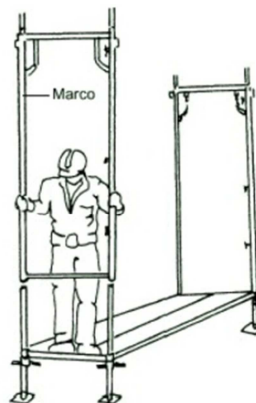
Si se colocan los soportes de iniciación se colocara la plataforma ya que será necesaria para colocar la escalera.



Fuente: INSHT. NTP 670.

Colocación de los marcos sobre los soportes de iniciación.

Asegurarse que se han introducido totalmente en los soportes de iniciación.




Fuente: INSHT. NTP 670.

<p>Unir los marcos con barandillas y diagonales</p>	<p>Las diagonales deberán estar colocadas con abrazaderas. Las diagonales mantendrán la verticalidad del andamio.</p>
<div data-bbox="608 353 1023 741" data-label="Image"> <p>Diagrama de un andamio que muestra la instalación de diagonales y barandillas para asegurar la estructura. Las diagonales se conectan a los marcos con abrazaderas.</p> </div> <p>Fuente: INSHT. NTP 670.</p>	
<p>Colocar las plataformas superiores.</p> <p>Montar en sus correspondientes bases regulables el siguiente marco con sus correspondientes barandillas y diagonales y así sucesivamente hasta completar la longitud total del andamio.</p>	<p>Colocar la plataforma en el nivel superior situándose sobre la plataforma auxiliar inferior, con la precaución de situar la plataforma con trampilla en el lado de enganche de la diagonal. Nivelar vertical y horizontalmente el módulo montado con un nivel de burbuja de longitud mayor o igual a 1 m. Los desniveles se rectificarán mediante las bases regulables. Medir la distancia de separación del módulo montado a la fachada de acuerdo con las cotas indicadas en el proyecto o instrucciones del fabricante (esta distancia no debe superar los 30 cm). Proceder a la nivelación horizontal de las barandillas instaladas hasta ese momento.</p>
<div data-bbox="671 1317 954 1653" data-label="Image"> <p>Diagrama de un andamio que muestra la instalación de plataformas superiores. Se indica la distancia de separación entre el módulo montado y la fachada, etiquetada como '*A: Cotas de proyecto. Máx. 30 cm'.</p> </div> <p>Fuente: INSHT. NTP 670.</p>	
<p>Instalar la escalera de acceso al nivel superior en la plataforma de trabajo provista de trampilla.</p>	<p>Como seguridad suplementaria se recomienda colocar un tercer larguero en el módulo en el que se encuentre la escalera para aumentar la protección al subir o bajar por esta.</p>
<p>Comprobación del montaje de esta parte del sistema.</p>	<p>Una vez montada la primera altura el Encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>



Una vez se han instalado toda la longitud del andamio se procede a describir los trabajos necesarios para el montaje de la segunda y sucesivas alturas del andamio.

FASE DE MONTAJE DE SEGUNDAS Y SUCEVAS ALTURAS DEL ANDAMIO.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Colocar los montantes y barandillas auxiliares de montaje a lo largo de todo el andamio.	Estos trabajos se realizarán desde la plataforma inferior. Por lo que no se subirá al siguiente nivel hasta que no se haya realizado este paso.
 <p>Fuente: Manual de Instrucciones Cimbra.</p>	
Subir a la plataforma de la primera altura e iniciar el montaje de la segunda altura.	<p>Antes se deberá comprobar la estabilidad y la perfecta colocación de todos los elementos del andamio montado.</p> <p>No se debe iniciar el montaje de un nivel sin haber terminado el anterior y en ningún caso se admitirá un montaje incompleto o que se suprima algún componente del mismo. Se deben utilizar mecanismos de elevación o descenso convenientemente fijados a la estructura y verificados. En el caso de utilizar cuerdas, su diámetro estará comprendido entre los 18 y 20 mm.</p> <p>Está totalmente prohibido lanzar desde cualquier altura los distintos elementos que componen el andamio.</p>
Colocar las barandillas intermedias.	No se podrán realizar los siguientes trabajos si no está totalmente montada la barandilla principal e intermedia.
Colocar los marcos que forman el módulo.	Asegurarse que se han introducido totalmente en los marcos de la zona inferior.
Montar el siguiente marco con sus respectivas barandillas y diagonales.	En los extremos del andamio se colocarán marcos de cierre y en los tramos intermedios, marcos de paso.

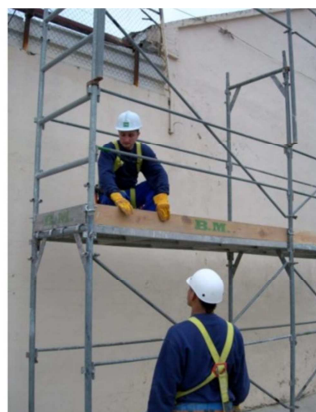




Fuente: Manual de Instrucciones Cimbra.

Colocar los rodapiés de la primera altura de las plataformas.

Los rodapiés deberán ser los suministrados por el fabricante.



Fuente: Manual de Instrucciones Cimbra.

Montar las plataformas y la escalera en sus respectivos módulos.

Como seguridad suplementaria se recomienda colocar un tercer larguero en el módulo en el que se encuentre la escalera para aumentar la protección al subir o bajar por esta.

Asegurar los montantes.

Colocar en todos los niveles del módulo los pasadores de seguridad.

Amarrar el andamio a la fachada o estructura del edificio.

El amarre se debe realizar siempre a puntos resistentes de la estructura.  
Los amarres del andamio a la fachada deben realizarse cuando la estructura alcance el nivel de amarre previsto en el proyecto. La disposición y el número de amarres deben estar definidos en el plan de montaje. Deben ser capaces de soportar las cargas horizontales, tanto perpendiculares como paralelas a la fachada.  
Montar los anclajes uniformemente distribuidos a lo largo de toda la superficie del andamio.  
Colocar los amarres cada 4 m de altura en todas las hileras. En el caso en que el andamio esté recubierto los amarres se instalarán en función del estudio técnico correspondiente  
En la terminación superior del andamio es importante colocar amarres en todos los marcos o verticales de coronación.  
Para andamios de altura inferior a 30 m los anclajes deben colocarse cada 20 m<sup>2</sup> de superficie sin recubrimiento y cada 12 m<sup>2</sup> si el andamio está recubierto de malla permeable al paso del viento.

	<p>Amarrar siempre todos los pies del primer y último nivel.</p> <p>Para determinar el número de anclajes para alturas mayores de 30 m y/o en recubrimientos más densos, es necesario realizar cálculos de empuje del viento junto con la máxima carga que en cada caso permita el anclaje.</p>
<p>Anclaje con grapa</p>  <p>Anclaje con gancho</p>  <p>Anclaje con abrazadera de tubo y grapa</p>  <p>Fuente: Manual de Instrucciones Cimbra.</p>	
Colocar ménsulas si fuese necesario.	Las ménsulas se realizarán siempre con las piezas especiales para ello que debe disponer el andamio.
Comparar el nivel montado.	<p>Nivelar vertical y horizontalmente el módulo montado con un nivel de burbuja de longitud mayor o igual a 1 m.</p> <p>Medir la distancia de separación del módulo montado a la fachada de acuerdo con las cotas indicadas en el proyecto o instrucciones del fabricante (esta distancia no debe superar los 30 cm).</p> <p>Proceder a la nivelación horizontal de las barandillas instaladas hasta ese momento.</p>
Desmontaje del equipo de protección individual.	<p>Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje.</p> <p>Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.</p>
Comprobación final de la instalación	La instalación deberá estar según el proyecto, rellenando y firmando el acta de recepción del andamio. El acta de recepción debe reflejar la carga que puede soportar según la norma UNE 76-502-90 (H D 1000) para andamios hasta 30 m de altura; para alturas superiores reflejará la carga según proyecto de cálculo.

Los trabajos de desmontaje del andamio se realizarán en presencia de un técnico competente y siguiendo las instrucciones del fabricante.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el desmontaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.

Este desmontaje se realizará en orden inverso al del montaje y de forma ordenada.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

#### 2.4.2. Mantenimiento y Almacenamiento.

Los andamios deberán revisarse antes de su puesta en servicio, periódicamente, y tras cualquier modificación, periodo de no utilización, accidente o cualquier otra circunstancia que pueda afectar a su resistencia o estabilidad. Sobre todo después de días lluviosos o con gran viento, o tras someter el andamio a cargas elevadas y, en general tras solicitudes que exijan esfuerzo adicional a los componentes.

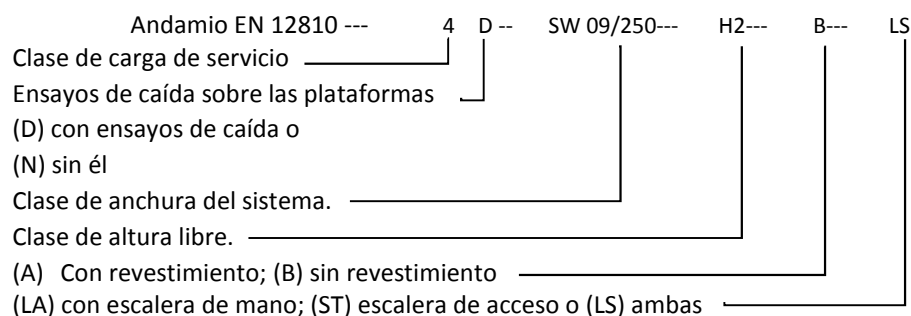
Los materiales utilizados han de ser de buena calidad, mantenidos y en buen estado. En el caso de plataformas de madera, éstas estarán exentas de nudos u otros defectos que comprometan su resistencia. Los tubos metálicos no deben haber sido utilizados para otros cometidos o estar deteriorados por la oxidación o corrosión.

Una vez ejecutados los trabajos y realizado el desmontaje del andamio, este deber ser limpiado y paletizado en condiciones buenas para el transporte y acopio. Las condiciones óptimas de almacenamiento son:

- Colocar las piezas de igual tipo y dimensiones en elementos diseñados exclusivamente para ellos (cestones, palets, cajas,...).
- Se colocarán los flejes con la presión suficiente para que evite el desplazamiento de las piezas. Los elementos se protegerán de la presión excesiva de los flejes mediante protectores.
- No se golpearán las piezas durante el desplazamiento del material.

### 2.4.3. Marcado.

La designación de un sistema de andamio que esté en conformidad con la norma UNE-EN 12810-1 debe constar de las siguientes partes.



Además cada componente diseñado específicamente debe marcarse con:

- Un símbolo o letra para identificar el sistema de andamio y su fabricante.
- El año de fabricación, usando los dos últimos dígitos. Se puede usar alternativamente un código para marcar el año de fabricación.

Al igual que con el resto de sistemas de protección colectiva que hemos visto este tipo de andamios que en este caso actúan como una protección colectiva, son productos normalizados que no les es de aplicación el marcado CE, por no existir legislación sobre comercialización de estos productos. Pero al igual que el resto de sistemas sí se debe garantizar la seguridad de estos productos, de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos y el V Convenio Colectivo de la Construcción.

### 2.5. Líneas de Vida o Anclaje

Las líneas de vida o anclaje se pueden considerar como uno de los equipos o componentes que pueden formar parte de un sistema anticaídas, constituyendo la protección de borde a emplear cuando tal borde no es un límite fijo sino un simple extremo de una fase de construcción desde donde se debe trabajar para construir la siguiente fase de la estructura o forjado. Las líneas de vida son consideradas medidas de protección individual aunque, como se comentó en la introducción de este capítulo, siempre que estén dimensionadas para que se anclen a ellas más de un operario se pueden considerar que se encuentran dentro de las medidas de protección

colectiva. Por lo tanto, en este apartado únicamente se harán referencia a las líneas de vida o anclaje rígidos o flexibles, dejando para los apartados siguientes la definición del resto de componentes que integraría un sistema anticaídas.

Una línea de vida o anclaje consiste de este modo, en un elemento situado entre anclajes estructurales (ver apartado 3.1) unidos a su vez por un cable, raíl, viga, etc., al que es posible sujetar el equipo de protección individual que lleva el operario mientras realiza un trabajo de altura y que fundamentalmente consiste en un equipo anticaídas, el cual será definido como se ha comentado anteriormente, en los siguientes apartados.

Las líneas de vida pueden ser rígidas o flexibles y pueden ser instaladas en planos verticales, horizontales o inclinados. Las líneas de anclaje rígidas son normalmente fijas y deben cumplir las especificaciones que aparecen en la norma UNE-EN 353-1 sobre Equipos de Protección Individual contra caídas de altura, parte 1: Dispositivos Anticaídas Deslizantes sobre Líneas de Anclaje Rígidas. Las líneas de anclaje flexibles, consideradas temporales en algunos casos, deben cumplir la segunda parte de la norma dedicada a los dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexible (UNE-EN 353-2). La diferencia entre ambos tipos, como se puede ver en las siguientes definiciones, radica fundamentalmente en el material en el que están constituidos y su ubicación.

- Línea de anclaje rígida: Elemento de conexión especificado para un subsistema dotado de un dispositivo anticaída deslizante. Una línea de anclaje rígida puede estar constituida por un riel o por un cable metálico y está prevista para ser fijada a una estructura, de forma que los movimientos laterales de la línea estén limitados.

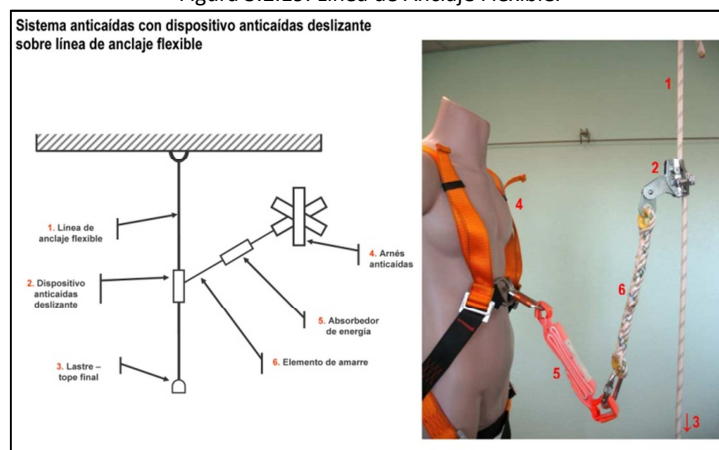
Figura 5.2.18. Línea de Anclaje Rígida.



Fuente: ISSL.

- Línea de anclaje flexible: Elemento de conexión especificado para un subsistema dotado de un dispositivo anticaída deslizante. Una línea de anclaje flexible puede estar constituida por una cuerda de fibras sintéticas o por un cable metálico y está prevista para ser fijada en un punto de anclaje superior.

Figura 5.2.19. Línea de Anclaje Flexible.



Fuente: ISSL.

En el caso que ocupa a este documento, correspondiente a trabajos de encofrado de forjados, las líneas de vida serán horizontales y normalmente temporales, por lo que nos centraremos en el estudio de las líneas de anclaje flexibles.

Como se ha comentado anteriormente, una la línea de anclaje flexible puede estar constituida por una cuerda de fibras sintéticas o por un cable metálico. En su caso, para una línea de vida horizontal, sus extremos tienen que estar provistos de una terminación adecuada (por ejemplo, una gaza injerida o anudada en el caso de cuerdas o un casquillo embutido en el caso de cables) para que dicha línea pueda ser fijada a un dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte.

La resistencia mínima de rotura de una línea de anclaje horizontal debe ser el doble de la fuerza máxima aplicada a dicha cuerda, banda o cable en caso de retención de la caída prevista para este dispositivo y que sea determinada por ensayo o por cálculo. Tales dispositivos deben ser proyectados utilizando los criterios y métodos de diseño del fabricante.

Siempre que sea posible, el dispositivo debería instalarse sobre estructuras que permitan su ensayo. Cuando no sea posible someter la estructura portante principal a las fuerzas de ensayo, es conveniente que todos los anclajes estructurales extremos e intermedios utilizados en el dispositivo puedan soportar el doble de la fuerza máxima prevista. Es conveniente verificar,

mediante cálculos realizados por un técnico cualificado, que la estructura portante principal equipada con anclajes estructurales extremos e intermedios soportará dichas fuerzas.

En las aplicaciones en donde no sea posible la verificación mediante cálculo, por ejemplo en aquellas en donde las propiedades mecánicas de los materiales de la instalación son desconocidas, el instalador debería verificar la adecuación mediante la instalación de un sistema sobre el material del sitio y asegurar que se cumplen los requisitos del ensayo de la norma UNE-EN 353.

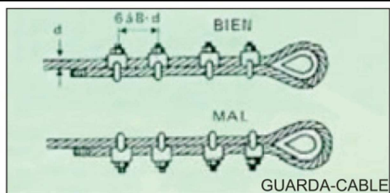
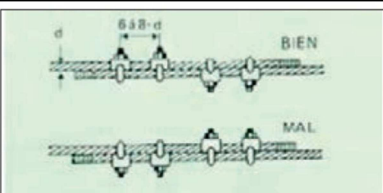
Por último señalaremos que si el dispositivo de anclaje está destinado exclusivamente a conectar un equipo de protección individual, deberá indicarse claramente en el mismo, y no podrá ser utilizado como medidas de protección colectiva.

### 2.5.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

Para la construcción de una línea de vida eficaz y adecuada es necesario seguir las siguientes etapas de montaje, teniendo en cuenta antes, que se deberá hacer uso de cables de acero de diámetro mínimo de 8 mm o bien de cuerdas de material sintético de diámetro mínimo de 12 mm (de 30 KN mínimo).

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Actuación previa.	Examinar visualmente el buen estado del conjunto de la línea de vida. Controlar que los sistemas utilizados como anexos de la línea de vida sean compatibles con ella. Comprobar que la línea de vida no ha sufrido ninguna deformación tras una caída.
Unión del extremo de la cuerda o cable con el resto de la línea de vida para formar las gazas u ojales.	Para la realización de una gaza u ojal terminal debe de emplearse guardacabos metálicos. La gaza no debe abrazar elementos con cantos vivos o redondeados de radio pequeño. Se deberá dejar una longitud de cable o cuerda adecuado para poder aplicar las abrazaderas en número y espaciamiento necesarios.
Colocar la primera abrazadera o grillete.	La primera abrazadera debe situarse lo más próxima al pico del guardacabo o guarda-cables. El ramal del cable largo que trabaja a mayor tracción debe de quedar en la garganta del cuerpo de la abrazadera, en tanto que el ramal corto o inerte, sometido a tracción decreciente, debe de quedar en la garganta del estribo del grillete.

	Las tuercas para el apriete de la abrazadera deben quedar situadas sobre el ramal largo del cable, que es el que trabaja a mayor tracción. No apretar las tuercas a fondo.
Colocación del resto de abrazaderas o grilletes.	La separación entre abrazaderas debe de oscilar entre 6 y 8 veces el diámetro del cable. Se giran las tuercas y se tensa el cable, se van apretando de forma gradual y alternativa todas las tuercas, sin aprietes excesivos.
Cortar el cable o cuerda sobrante sin que este se deshilache.	En el caso de los cables metálicos se cortará mediante cortadora radial o cizalla, colocando posteriormente un protector de cable.
Comprobación de la ejecución adecuada del guardacabo o guardacable.	Después de someter el cable a una primera carga debe verificarse el grado de apriete de las tuercas corrigiéndolo si fuera preciso.

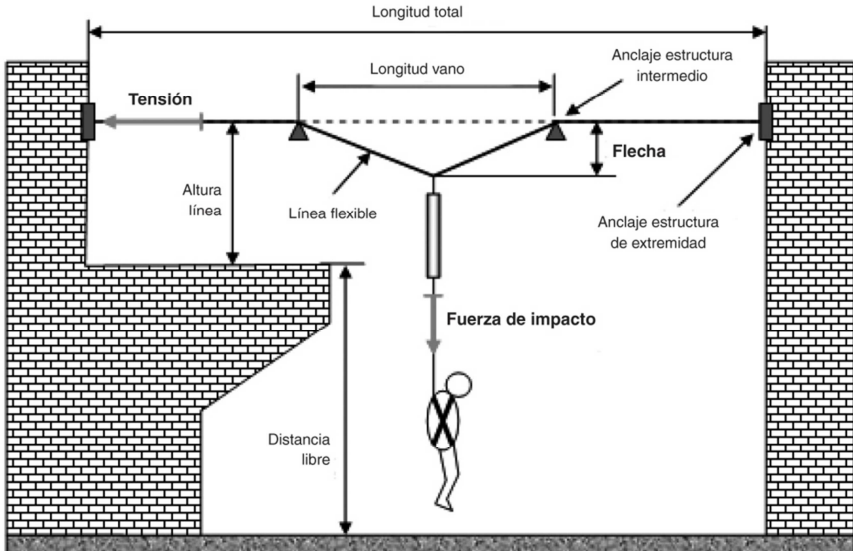
BIEN: Abrazaderas y tuercas para el apriete bien dispuestas, distancia de la punta del cable a la primera o última abrazadera mayor que la distancia entre las dos abrazaderas contiguas. El anillo siempre con guardacable.  
d: Diámetro del cable en mm.

Diámetro del cable en mm	Abrazaderas precisas	
	Para formar un anillo	Para unir cables
5 a 12	4	4
12 a 20	5	6
20 a 25	6	6
25 a 35	7	8
35 a 50	8	8

Fuente: ACHE (2.011).

Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje de la línea de vida (si existen riesgos de caída de altura).	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema.
Sujeción de la línea de vida a los anclajes estructurales.	Comprobar que los anclajes estructurales están correctamente colocados mediante un ensayo de tracción para confirmar la resistencia de la fijación. La fuerza de ensayo sería de 5 kN. El anclaje estructural debería soportar la fuerza durante un mínimo de 15 s.
Colocar el conector adecuado en ambos extremos de la línea y en el anclaje.	Una vez cerrado el conector se tiene que bloquear.
Comprobar que la línea de vida está correctamente colocada.	El ángulo que marca el eje del cable con la horizontal no debe de superar los 15º. El cable debe de seguir una línea recta. El espacio entre anclajes o puntos de apoyo no debe superar los 10 m.



	Debe respetarse la altura mínima requerida libre de obstáculos. Como orientación esta altura libre será como mínimo la longitud de los elementos de amarre, más, en su caso, la longitud del absorbedor de energía disparado más 2 metros.
 <p>Fuente: INSHT. NTP 809.</p>	
Anclaje de los sistemas anticaídas a la línea de vida	Los operarios se anclaran a la línea de vida para ejecutar los trabajos de encofrado.
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

Cuando finalicen los trabajos se procederá al desmontaje de la línea de anclaje

FASE DE DESMONTAJE.	
FASES DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje del sistema provisional de protección de borde.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Este desmontaje se realizará en orden inverso al del montaje y de forma ordenada.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

### **2.5.2. Mantenimiento y Almacenamiento.**

La línea de anclaje tiene que ser almacenado en un lugar seco y limpio, protegido de los agentes corrosivos. Se vigilará que durante su transporte y almacenamiento no sufra caídas o choques.

### **2.5.3. Marcado.**

La línea debe identificarse claramente mediante la siguiente información:

- El número de personas que pueden intervenir simultáneamente en la línea.
- La fecha de instalación.
- Los tipos de conexión válidos, conforme a las normas; Anticaídas móvil sobre soporte de seguro flexible, anticaídas con recogida automática, absorbedor de energía.
- El valor de la altura libre mínima necesaria teniendo en cuenta la flecha y la unión preconizada.

Además si la línea de anclaje es considerada un Equipo de Protección Individual, tendrán que llevar el marcado CE, esto como se verá en el apartado 3.1, únicamente ocurre si la clase de anclaje es B. Para la clase de anclaje C que sería la otra en la que intervienen líneas de vida la seguridad de estos productos se garantizará de acuerdo con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos.

## **3. Medidas de Protección Individual.**

En este apartado se van a analizar las medidas de protección individual que se pueden emplear para evitar las caídas de altura, mientras se realizan los trabajos de encofrado en obra. La legislación en materia de prevención de riesgos laborales establece el uso de equipos de protección individual (EPI) cuando se realicen trabajos en altura y las protecciones colectivas o los procedimientos de organización del trabajo no sean suficientes para evitar o limitar el riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. En estos casos la propia legislación aconseja la utilización de medios de acceso seguro y la utilización de arnés de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente. Así mismo, se especifica que para trabajos en andamios o montaje de

piezas prefabricadas entre otros, se tiene que usar dispositivos de presión del cuerpo y equipos de protección anticaídas.

Los sistemas de protección individual contra caídas están destinados a proteger a los trabajadores previniendo o deteniendo las caídas libres. Todo sistema consta de varios componentes o equipos (EPI), incluyendo siempre un dispositivo de presión del cuerpo (arnés anticaídas, cinturón de sujeción, etc.) que se conecta a un anclaje mediante un sistema de conexión (equipo de amarre, conectores, dispositivos anticaídas, etc.). Las características de estos equipos dependerán del uso previsto del sistema por lo que a continuación se distinguen los siguientes tipos:

- **Sistema de retención:** Impide que el usuario alcance zonas en las que existe riesgo de caída de altura, restringiendo su desplazamiento.
- **Sistema de sujeción (o de posicionamiento):** Permite al usuario trabajar apoyado en tensión o suspensión de forma que previene una caída libre. Tales sistemas permiten al usuario tener ambas manos libres para trabajar. En ellos el usuario normalmente cuenta con el equipo para que le sostenga, por lo que suele ser necesario complementarlos con una protección adicional (por ejemplo un sistema anticaídas), como salvaguardia.
- **Sistema de acceso mediante cuerda:** Permite al usuario acceder o salir del lugar de trabajo, de forma que se previene o detiene una caída libre, mediante el uso de dos sub-sistemas asegurados por separado (línea de trabajo y línea de seguridad). En este sistema ambas líneas son estacionarias mientras el usuario se desplaza hacia arriba y hacia abajo. La conexión del usuario a ambas líneas se realiza a través del arnés. Estos sistemas pueden usarse para sujeción en la posición de trabajo una vez alcanzada.
- **Sistema anticaídas (o de detención de caídas):** Detiene una caída libre y limita la fuerza de impacto que actúa sobre el usuario durante la detención de la misma. Tales sistemas no impiden la caída libre pero limitan la longitud de la misma y proporcionan suspensión tras su detención. El sistema de conexión tiene capacidad de absorber energía y está diseñado para limitar las fuerzas sobre el cuerpo humano por debajo de los 6 kN. Son ejemplos de estos equipos los absorbedores de energía y los dispositivos anticaídas retráctil y deslizante sobre línea de anclaje. El arnés anticaídas es el único dispositivo de presión del cuerpo que se puede utilizar en estos sistemas.

Este último sistema será el que se estudie en este documento ya que será el apropiado a utilizar en los trabajos de encofrado de forjados.

Antes de utilizar un sistema de protección individual contra caídas se debe comprobar que cumplan con una serie de condiciones, entre ellas:

- Que proporcionen una protección eficaz frente a los riesgos que motivan su uso, sin suponer por sí mismos u ocasionar riesgos adicionales ni molestias innecesarias. De esta forma se deberá:
  - Responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo, tanto ambientales como relativas al desarrollo de las tareas específicas.
  - El equipo debe adaptarse a la persona que lo usa, por lo que debe tener en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas y el estado de salud del trabajador, considerando para ello la talla y diseño del EPI, los trabajadores especialmente sensibles, etc.
  - Adecuarse correctamente al usuario ya que un mal ajuste puede implicar una disminución de la protección ofrecida por el equipo o incluso la inexistencia de protección a pesar de ser llevado.
- En caso de riesgos múltiples que exijan la utilización simultánea de varios EPI, éstos deberán ser compatibles entre sí y mantener su eficacia en relación con el riesgo o riesgos correspondientes.
- Se deben tener en cuenta las características que deben reunir los puntos de anclaje (por ejemplo, localización y resistencia). El punto de anclaje siempre se debe situar y el trabajo llevarse a cabo de forma que se minimicen tanto el riesgo de caída como la altura de caída.
- Los trabajadores tienen que tener una formación y competencia específica para el uso del equipo.
- Tiene que existir un plan de rescate en el lugar de trabajo, y el personal y equipos necesarios para llevarlo a cabo.
- Importancia de las revisiones previas al uso y las revisiones periódicas regulares de los equipos, según indicaciones del fabricante, siendo en general la periodicidad mínima recomendable anual. Para facilitar las revisiones y control de los equipos se

recomienda la conservación de una ficha con datos que permitan su identificación, seguimiento y valoración (por ejemplo: modelo, fabricante o suministrador, nº de lote o serie, fecha de fabricación, fecha de compra, fecha de puesta en servicio, frecuencia de utilización, fecha de caducidad, histórico de revisiones periódicas y reparaciones, etc.). Si surge cualquier duda sobre la seguridad de un equipo o este ha sido utilizado para detener una caída, debe ser desechado. No se deben realizar modificaciones al equipo.

- Como ya se ha mencionado, el arnés anticaídas es el único dispositivo de prensión del cuerpo que se puede usar en un sistema anticaídas. Deben quedar claros para el usuario los puntos de enganche anticaídas (marcados con una A según UNE-EN 361), sobre todo teniendo en cuenta la posibilidad de distintos tipos de enganche en los arneses que son multiuso (combinación de arnés anticaídas, cinturón de sujeción y arnés de asiento).
- En los sistemas anticaídas es esencial para la seguridad verificar el espacio libre necesario bajo el usuario, para que en caso de caída no haya colisión con el suelo u otro obstáculo en la trayectoria de la caída. Un equipo de amarre no se puede utilizar sin un medio de absorción de energía para detener una caída.
- Los EPI que se utilicen en el lugar de trabajo deben cumplir con las disposiciones sobre diseño y fabricación en materia de seguridad y salud que les afecten. En este sentido, la legislación aplicable será, en la mayoría de las situaciones, el Real Decreto 1407/1992, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

### **3.1. Sistema Anticaídas.**

Un sistema anticaídas tiene como objetivo conseguir la parada segura del trabajador que cae. Dicho de forma más concreta el objetivo mencionado implica que, en primer lugar, debe conseguirse que la distancia vertical recorrida por el cuerpo a consecuencia de la caída sea la mínima posible, que a continuación debe producirse el frenado de la caída en las condiciones menos perjudiciales para el trabajador y que, finalmente, debe garantizarse su mantenimiento en suspensión y sin daño hasta la llegada del auxilio. En relación con los sistemas anticaídas conviene tener presente las siguientes consideraciones de carácter general:

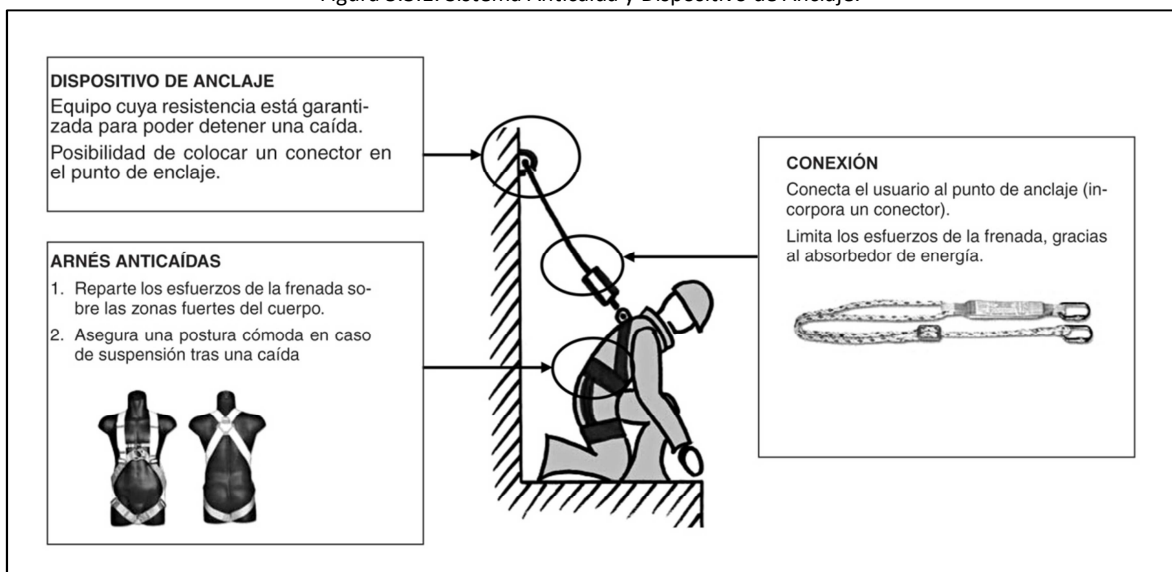
- La existencia de una amplia gama de equipos (clases) diferentes comercializados, provistos de manual de instrucciones, marcados y embalados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ninguno de estos equipos garantiza, por sí solo, la protección eficaz contra una caída de altura.
- La posibilidad de encontrar una amplia gama de tipos dentro de cada clase. Cada uno de estos tipos está diseñado para proporcionar unas determinadas prestaciones y al mismo tiempo tiene sus correspondientes limitaciones de uso.
- La necesaria compatibilidad entre equipos derivada de la existencia de diferentes clases de equipos. Sólo está garantizada la parada segura de la caída cuando se utilizan aquellos conjuntos formados por equipos conectados entre sí de forma compatible.
- En la selección del sistema anticaídas adecuado deben considerarse sus características de diseño y de comportamiento en caso de caída, la presencia de obstáculos en las proximidades, la libertad de movimientos requerida por el trabajador para la ejecución de la tarea y la situación del punto de anclaje.

Como consecuencia, un sistema anticaídas adecuado en una situación de riesgo puede ser ineficaz en otra. De los cuatro puntos mencionados anteriormente, el tercero establece la necesidad de utilizar un conjunto de equipos compatibles entre sí. A dicho conjunto se le denomina sistema anticaídas y cada uno de los equipos que lo forman es un componente de dicho sistema.

Un componente es un equipo que el fabricante comercializa provisto de marcado y embalaje y acompañado de la correspondiente información proporcionada por el fabricante. Todo esto hace que un sistema anticaídas deba cumplir con varias normas UNE-EN, exactamente una por cada componente que tenga (en la bibliografía se relacionan todas las normas que afectan a un sistema anticaídas). Como ejemplos de componentes pueden citarse, entre otros, los arneses anticaídas, los dispositivos anticaídas retráctiles y los conectores.

Cada componente está formado, a su vez, por diferentes partes constituyentes a las que se les denomina elementos. Como ejemplos de estos elementos pueden mencionarse, entre otros, los cables, cuerdas y bandas, los elementos de enganche, los elementos de ajuste y cierre, los reguladores de longitud, los lastres y los tensores.

Figura 5.3.1. Sistema Anticaída y Dispositivo de Anclaje.



Fuente: INSHT. NTP 809.

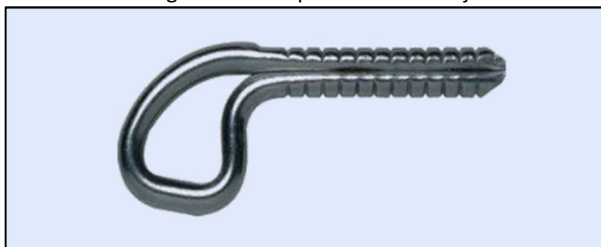
De forma general, puede decirse que un sistema anticaídas está formado por un dispositivo de prensión del cuerpo y un subsistema de conexión, a los que se tiene que añadir el dispositivo de anclaje del sistema. Estos elementos se pueden definir de la siguiente forma:

- **Arnés Anticaídas:** Es el dispositivo de prensión cuya misión es retener el cuerpo que cae y garantizar la posición correcta de la persona una vez producida la parada de la caída. Puede estar constituido por bandas, elementos de ajuste, hebillas y otros elementos, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona, para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta.
- **Subsistema de Conexión:** Permite enganchar el arnés anticaídas al dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte. Está formado por un dispositivo de parada y los conectores adecuados situados en cada extremo del subsistema. Este elemento es el responsable de conseguir que la distancia vertical recorrida por el cuerpo en la caída sea la mínima posible y la fuerza transmitida al cuerpo durante el frenado de la misma no supere el valor límite capaz de producir lesiones corporales. Como dispositivos de parada se pueden emplear un dispositivo anticaídas deslizante (sobre línea de anclaje rígida o flexible vistos en el apartado de protecciones colectivas) o retráctil o un absorbedor de energía.
- **Dispositivo de Anclaje:** Elemento al que puede sujetarse un sistema anticaídas. La elección del dispositivo adecuado para cada situación de trabajo se considera básica para que el mismo se realice con la máxima seguridad. Existen seis clases de

dispositivos de anclaje que se encuentran descritos en la norma UNE-EN 795:1997 y su modificación UNE-EN 795/A1:2001, aunque ambas están anuladas actualmente. Además de estos dispositivos existen otra serie de elementos que son útiles para garantizar la seguridad del anclaje:

- Dispositivo de anclaje: Es un conjunto de elementos o serie de elementos o componentes que incorporan uno o varios puntos de anclaje. La norma recoge seis clases, A1, A2, B, C, D y E, aunque únicamente las clases B y E están incluidos en el ámbito de aplicación del R.D. 1407/1992 y por lo tanto son considerados EPI.

Imagen 5.3.1. Dispositivo de Anclaje.



Fuente: ISSL.

- Punto de anclaje: Es un elemento al que puede estar sujeto un equipo de protección individual contra caídas, tras la instalación del dispositivo de anclaje.
- Anclaje estructural: Es un elemento o conjunto de elementos fijados a una estructura de forma permanente al que es posible sujetar un dispositivo de anclaje o un equipo de protección individual contra caídas, tales como anclajes mecánicos o químicos, tornillería, remaches, etc.
- Punto de anclaje móvil: Elemento móvil suplementario montado sobre la línea de anclaje o sobre el riel de anclaje, al que es posible sujetar un equipo de protección individual.

### 3.1.1. Componentes que forman parte del Sistema Anticaídas.

A continuación se describen los componentes que forman parte del sistema anticaídas diferenciando el dispositivo de presión (arnés de seguridad) y el subsistema de conexión constituido por el resto de equipos, que en el caso que se estudia en este documento serán los



dispositivos anticaídas retractiles, los elementos de amarre, los absorbedores de energía y los conectores.

Además de estos componentes existen otros, como son los dispositivos anticaídas deslizantes, utilizados principalmente sobre líneas de anclaje verticales, por lo que no se tratarán en este estudio.

Imagen 5.3.2. Dispositivo Anticaídas Deslizante sobre línea anclaje flexible



Fuente: ISSL.

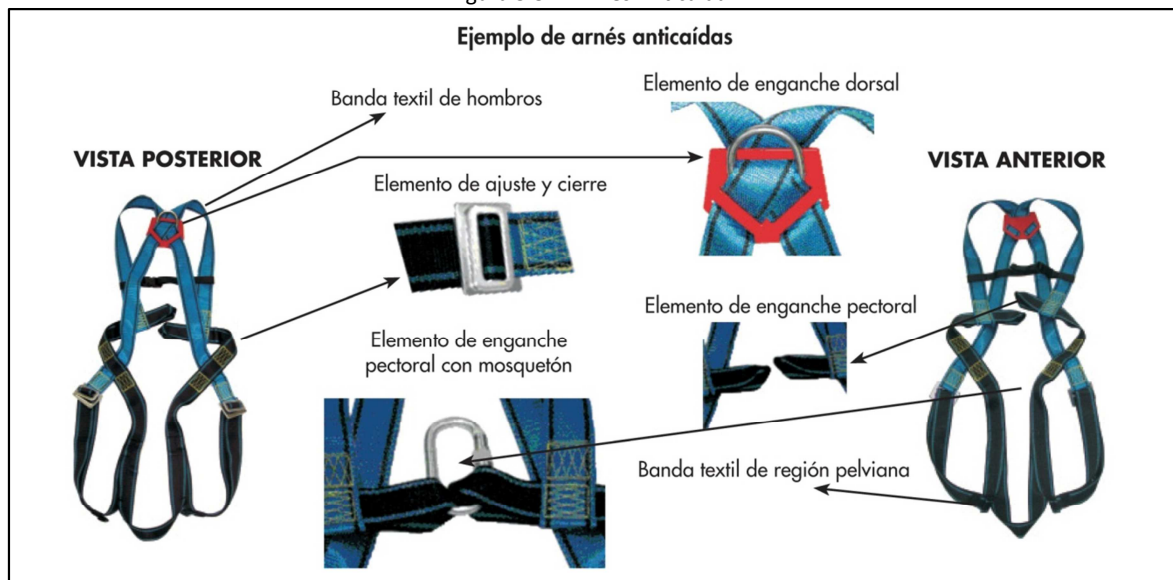
### 3.1.1.2. Arnés Anticaída.

Como se ha comentado anteriormente el arnés anticaídas es un dispositivo de prensión del cuerpo formado por bandas textiles situadas sobre los hombros y la región pelviana, de forma que permitan sostener el cuerpo durante la caída y después de producirse ésta.

Las bandas textiles están dispuestas de forma que los esfuerzos generados durante la parada de la caída se apliquen sobre las zonas del cuerpo que presentan resistencia suficiente y que, una vez que la caída ha sido parada, el cuerpo quede con la cabeza hacia arriba y un ángulo de inclinación máximo de 50° respecto de la vertical. Estas bandas pueden estar fabricadas de poliamida, poliéster o cualquier otro material adecuado para el uso previsto.

La unión de las bandas textiles entre sí o con otros elementos constituyentes del arnés anticaídas se efectúa mediante costuras cuyos hilos tienen un color o tono que contrasta con el de las bandas textiles. Esta cualidad de los hilos de las costuras facilita la revisión visual de su estado.

Figura 5.3.2. Arnés Anticaída.



Fuente: INSHT (2.009).

En las partes anterior y posterior del arnés anticaídas pueden encontrarse elementos de enganche que, durante el uso del equipo, deben quedar situados por encima del centro de gravedad del cuerpo. El elemento de enganche dorsal está constituido por una argolla metálica en D. El elemento de enganche pectoral puede consistir en dos gomas textiles o dos argollas metálicas que han de utilizarse conjuntamente con un conector.

Ante la posibilidad de que el arnés anticaídas disponga de varios elementos de enganche debe conocerse con precisión el uso para el que está previsto cada uno de ellos y la forma correcta en la que debe hacerse la conexión con otros equipos. Dicho de otra forma, el usuario debe distinguir con claridad los elementos de enganche previstos para formar parte de un sistema anticaídas de aquéllos que están diseñados para otros usos.

El arnés anticaídas debe colocarse, fijarse y ajustarse correctamente sobre el cuerpo. Su colocación requiere que el usuario sea previamente adiestrado. Su fijación se consigue mediante unos elementos de ajuste y cierre diseñados de forma que las bandas del arnés no se aflojen por

sí solas. Para su ajuste correcto, las bandas no deben quedar ni demasiado sueltas ni demasiado apretadas.

### 3.1.2. Dispositivo Anticaídas Retráctil.

Es un dispositivo anticaídas que dispone de una función de bloqueo automático y de un mecanismo automático de tensión y retroceso del elemento de amarre de forma que se consigue un elemento de amarre retráctil. El propio dispositivo puede integrar un elemento de disipación de energía o bien incorporar un elemento de absorción de energía en el elemento de amarre retráctil.

Está constituido por un tambor sobre el que se enrolla y desenrolla un elemento de amarre y está provisto de un mecanismo capaz de mantener tenso dicho elemento. Como consecuencia de la caída, la velocidad de desenrollamiento alcanzará un valor umbral para el cual entra en acción un mecanismo de frenado que se opone a dicho desenrollamiento.

Estos dispositivos permiten al usuario efectuar desplazamientos laterales, siempre que el ángulo de alejamiento, medido respecto de la vertical que pasa por el punto de anclaje del dispositivo, no supere el valor máximo de diseño para el cual está asegurado el correcto funcionamiento de sus mecanismos.

Imagen 5.3.3. Dispositivo Anticaídas Retráctil



Fuente: ISSL.

El elemento de amarre puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas y presentar diferentes longitudes. En su extremo libre está situado un conector pivotante para su enganche al arnés anticaídas.

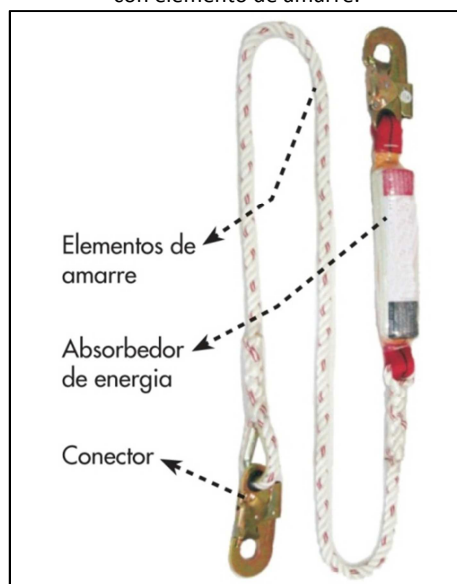
### 3.1.3. Elemento de Amarre.

Componente o elemento de conexión de un sistema anticaídas. Puede estar constituido por una cuerda de fibras sintéticas, un cable metálico, una banda o una cadena y su longitud puede ser fija o regulable. La conexión con el dispositivo de anclaje y con el arnés anticaídas se efectúa mediante los correspondientes conectores, que pueden ser separables o solidarios.

### 3.1.4. Absorbedor de Energía.

Es un componente de un sistema anticaídas, que garantiza la parada segura de una caída de altura en condiciones normales de utilización. Mediante su deformación o destrucción, absorbe una parte importante de la energía cinética desarrollada durante la caída.

Figura 5.3.3. Absorbedor de energía con elemento de amarre.



Fuente: INSHT (2.009).

Este equipo se incorpora normalmente en un elemento de amarre, presentándose de forma comercial mediante dos cintas textiles imbricadas o cosidas, constituyendo una única pieza plegada sobre sí misma y enfundada en un material plástico. La disipación de energía se consigue mediante la rotura de los hilos. La longitud total del referido conjunto no es superior a dos

metros, incluyendo los conectores situados en cada extremo. Además es posible disponer de absorbedores de energía con dos elementos de amarre incorporados.

### 3.1.5. Conectores.

Es un equipo metálico que permite unir entre sí los diferentes elementos o componentes que forman el sistema anticaídas, así como conectar directa o indirectamente al sistema con el punto de anclaje estructural. Es posible disponer de estos componentes con diferentes aberturas para que pueda realizarse una conexión segura a la estructura soporte.

Imagen 5.3.4. Conectores.



Fuente: ISSL.

Un conector puede adquirirse como componente independiente o suministrarse integrado en el dispositivo de parada. Estos elementos pueden ser de cierre automático o de cierre de rosca. Un cierre es automático cuando es capaz de volver por sí mismo a la posición de conector cerrado, cuando el usuario lo libera desde cualquier posición de apertura. Por el contrario un cierre de rosca requiere la acción manual del usuario para desplazar la tuerca a su posición de conector cerrado (en esta posición las roscas no son visibles).

Los conectores de cierre automático disponen de un mecanismo para el bloqueo del cierre que puede actuar automáticamente o mediante la acción manual del usuario. Para realizar una conexión segura es imprescindible que una vez cerrado el conector se proceda a su bloqueo. Para abrir los conectores de cierre automático el usuario debe efectuar dos acciones manuales deliberadas y diferentes, como mínimo.

**3.1.6. Procedimiento de Montaje.**

Aunque en el mercado existen numerosos sistemas anticaídas se va a tratar de indicar un procedimiento general de montaje, constituido por todos los elementos enumerados anteriormente. Antes del uso de un sistema anticaídas se debe verificar que los elementos constituyentes del mismo se encuentran en buen estado, sin cortes, roturas, que las costuras están en perfecto estado y que los elementos metálicos no tienen daños físicos.

<b>FASE DE MONTAJE.</b>	
<b>ETAPAS DE TRABAJO.</b>	<b>PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.</b>
Montaje y colocación de los equipos de protección individual (EPI).	Los trabajadores deberán estar dotados de los EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema si es que no están en un lugar en el que no exista ningún riesgo contra su seguridad y salud.
<b>Dispositivo de anclaje</b>	
Colocación del dispositivo de anclaje.	Se debe seleccionar un anclaje adecuado a los trabajos que se van a desarrollar y al sistema anticaídas que se va a utilizar. Los instaladores deben asegurarse de que son adecuados los materiales del soporte a los que van a ser fijados los dispositivos de anclaje estructural. El dispositivo de anclaje debe ser adecuado para la utilización por una sola persona.
<b>Arnés Anticaídas</b>	
Colocar la parte superior en los brazos, asegurarse que la zona de unión en el pecho se encuentra horizontal.	Los elementos de enganche deben quedar situados por encima del centro de gravedad del cuerpo.
Ajustar los dispositivos de la pierna, asegurando que se siente cómodo con el equipo, si no es así, se deberá ajustar nuevamente.	El arnés debe quedar colocado ceñido al cuerpo del trabajador, en forma cómoda. Se recomienda que exista un puño de espacio entre las cintas y el cuerpo del trabajador.
<b>Elemento de Amarre</b>	
Conexión entre el arnés y el elemento de amarre	El elemento de amarre se debe colocar únicamente en los conectores o argollas que trae el arnés en su parte frontal o dorsal. No en los conectores que pudiera llevar en los laterales ya que se encuentra fuera del centro de gravedad del cuerpo. Se tiene que evitar trabajar en sitios donde los componentes del sistema puedan estar en contacto o fricción con bordes afilados sin protección. Si el elemento de amarre no dispone de absorbedor de energía se deberá incorporar.

<b>Absorbedor de Energía.</b>	
Conexión entre el absorbedor de energía y el elemento de amarre.	<p>Si el absorbedor de energía no está incorporado al elemento de amarre se deberá unir por medio de un conector.</p> <p>Asegurarse que la unión se ha efectuado adecuadamente.</p> <p>Asegurarse que el conjunto elemento de amarre y absorbedor de energía tienen la longitud adecuada para evitar la colisión del trabajador con el suelo. Como orientación esta longitud será como mínimo la de los elementos de amarre, más, en su caso, la longitud del absorbedor de energía disparado más 2 metros.</p>
<b>Dispositivos Anticaídas Retráctil</b>	
Conexión entre el dispositivo retráctil, el arnés y el dispositivo de anclaje.	<p>Este componente se utilizará si se determina por parte del técnico responsable que es mejor utilizar este equipo que el elemento de amarre.</p> <p>La conexión entre el arnés y el dispositivo de anclaje se realizará a través de los conectores.</p> <p>El dispositivo anticaídas retráctil se debe colocar únicamente en los conectores o argollas que trae el arnés en su parte frontal o dorsal. No en los conectores que pudiera llevar en los laterales ya que se encuentra fuera del centro de gravedad del cuerpo.</p> <p>Se tiene que evitar trabajar en sitios donde los componentes del sistema puedan estar en contacto o fricción con bordes afilados sin protección.</p>
<b>Conectores</b>	
Conectar el elemento de amarre al dispositivo de anclaje.	<p>Verificar que los conectores metálicos (argollas y ganchos) no tengan bordes afilados o rugosos, para no dañar los elementos de amarre.</p> <p>Los ganchos o mosquetones deben ser de cierre y bloqueo automático, sólo deben desengancharse mediante acciones manuales voluntarias.</p> <p>Una vez cerrado el conector se tiene que bloquear.</p>
<b>Comprobación del sistema</b>	
Comprobación del montaje del sistema.	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

El desmontado del sistema consistirá básicamente en retirarse por parte de los trabajadores todo el equipo anticaídas cuando el riesgo haya desaparecido.

### 3.1.7. Mantenimiento y Almacenamiento.

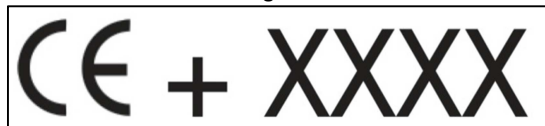
Todos los componentes del sistema anticaídas tienen que ser almacenado en un lugar sin elevadas temperaturas, seco y limpio, protegido de los agentes corrosivos. Se vigilará que durante su transporte y almacenamiento no sufra caídas o choques.

Se retirará y no reutilizará todo arnés de seguridad, elemento de amarre y absorbedor de energía que haya experimentado una caída o que ante una inspección arroje dudas sobre su estado.

### 3.1.8. Marcado.

Todos los equipos de protección individual (EPI) llevarán el marcado CE que está formado por las letras CE seguidas de cuatro dígitos, ya que es un EPI de categoría III, que se corresponden con el número de identificación del Organismo Notificado que efectúa el control de la fabricación.

Figura 4.3.4. Marcado CE y distintivo del organismo de control



Fuente: INSHT (2.009).

Además el marcado debe incluir la siguiente información:

- La identificación del fabricante (por ejemplo, indicando el nombre o la marca comercial).
- La identificación del modelo.
- El número de la norma correspondiente al equipo.
- Las dos últimas cifras del año de fabricación.
- El número de lote de fabricación o el número de serie del equipo.
- El pictograma para indicar a los usuarios que deben leer la información suministrada por el fabricante

Además en función del tipo de componente se deberá incluir la siguiente información;



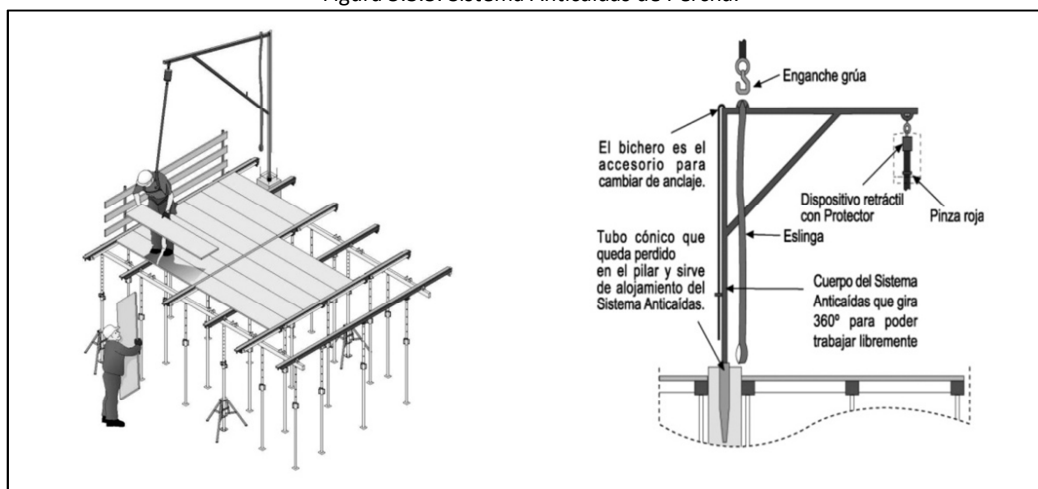
- **Para los arneses anticaídas:** Una letra “A” mayúscula colocada en cada elemento de enganche anticaídas.
- **Para los dispositivos anticaídas retráctiles:** Indicación de las condiciones específicas bajo las cuales puede emplearse el dispositivo anticaídas retráctiles, por ejemplo, en vertical, en horizontal o inclinado
- **Para los absorbedores de energía:** Indicación de su longitud máxima, incluido el elemento de amarre.

### 3.2. Sistema Anticaídas de Perchas.

Este sistema está constituido por una estructura metálica en forma de “L” invertida, que colocada en la cabeza de un pilar de hormigón, o en un pilar metálico, sirve como punto de anclaje para que un operario, equipado con un arnés, pueda trabajar de forma segura. En realidad, se trata de una solución preventiva, con factor de caída 0, pues la caída no llega a producirse. El sistema pivota respecto al eje central, permitiendo al operario cubrir una superficie circular alrededor del pilar variable en función de las dimensiones de los distintos componentes del sistema. Por ejemplo, el sistema Alsipercha proporciona al operario 125 m<sup>2</sup> de autonomía para trabajar.

El sistema es especialmente útil en perímetros. Su utilización permite realizar con seguridad las operaciones de colocación de tableros de encofrado, barandillas de seguridad, redes tipo horca, tabicas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el encofrado, en las que exista riesgo de caída en altura.

Figura 5.3.5. Sistema Anticaídas de Percha.



Fuente: INSHT. NTP 816.

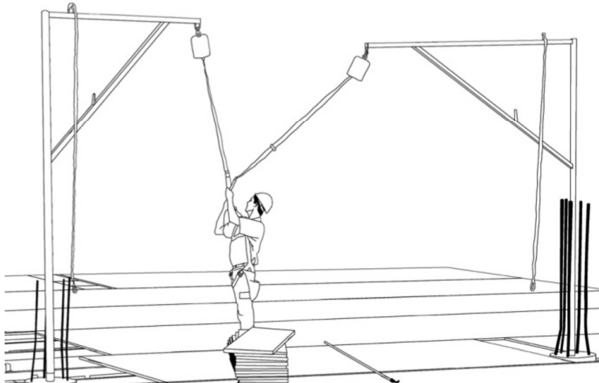
El sistema está formado por un cuerpo de acero plegable y un dispositivo retráctil que se bloquea cuando sufre una aceleración (similar al cinturón de seguridad de un automóvil), además se puede utilizar con cualquier tipo de arnés o eslinga, siempre y cuando lleven el marcado CE. Todos los elementos deben pasar los ensayos correspondientes, que avalen su eficacia y seguridad. Este sistema debe estar certificado por alguna norma, en este caso los fabricantes cumplen con la norma UNE-EN 795:1997 y su posterior ampliación en 2001 sobre Protección Contra Caídas de Altura, dispositivos de anclaje, requisitos y ensayos. A continuación se relacionan más detalladamente estos elementos.

- **Tubo Cónico:** Este elemento metálico queda introducido en el pilar una vez hormigonado y sirve de alojamiento del sistema anticaídas. Además dispone de un elemento para nivelar el tubo perdido y evitar que flote.
- **Cuerpo del sistema:** cuerpo de acero plegable que gira 360º para poder trabajar libremente. Dispone de un sistema amortiguador que suaviza el efecto de la caída.
- **Dispositivo retráctil:** Este dispositivo dispone de un protector para protegerlo y tiene 2,50 m de longitud.
- **Pinza roja:** Elemento que permite que el retráctil quede extendido a una altura al alcance de la mano.
- **Bichero:** Elemento para cambiar de anclaje.
- **Eslinga:** Elemento que se utiliza para colocar el sistema anticaídas en su lugar de utilización mediante el enganche de una grúa.

### 3.2.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

El procedimiento de montaje de este sistema consistirá fundamentalmente en la realización de las siguientes fases.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje del sistema.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema.

Insertar el tubo cónico en los pilares de hormigón.	<p>Estudio y decisión de los pilares en los que se van a colocar los tubos cónicos.</p> <p>Se deben colocar aproximadamente en el 50% de la planta a hormigonar.</p> <p>Inmediatamente después de hormigonar los pilares y centrado en la cabeza de los mismos, se coloca cada tubo cónico, dejando que sobresalga 5 cm.</p> <p>Con la ayuda del nivelador se garantiza que queda vertical.</p>
Colocación del cuerpo del sistema.	<p>No colocarlo antes de que el hormigón haya alcanzado una resistencia de <math>40 \text{ Kg/cm}^2</math> (15% de su resistencia)</p> <p>Se introduce el sistema en el tubo cónico y el operario se ancla al dispositivo retráctil a través de un arnés de seguridad.</p> <p>Si el operario ya disponía de arnés de seguridad sustituirá el dispositivo al que está sujeto por el nuevo sistema.</p> <p>Cuando el operario deba cambiar de anclaje, no se soltará del primero hasta no estar sujeto a otro de forma que en ningún momento esté desprotegido.</p>
 <p>Fuente: INSHT. NTP 816.</p>	
Comprobación del montaje del sistema.	<p>Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.</p>

El desmontado del sistema consistirá básicamente en retirar los cuerpos una vez se ha encofrado la totalidad del encofrado y ha desaparecido el riesgo de caídas de altura.

### 3.2.2. Mantenimiento y almacenamiento.

Antes de su uso el sistema requiere revisar el estado del dispositivo retráctil, el arnés y la eslinga.

- Que no tengan cortes importantes ni deshilachaduras y que estén todos los componentes.
- En el caso del retráctil, éste debe bloquear al tirar la cinta con un golpe seco y además debe enrollarse y desenrollarse normalmente en toda su longitud.

### **3.2.3. Marcado.**

Este sistema debe identificarse claramente mediante la siguiente información, que es la misma que la expuesta en el apartado 2.5.3, sobre la línea de vida, ya que como se ha indicado anteriormente los fabricantes cumplen con la Norma UNE-EN 795.

- El número de personas que pueden intervenir simultáneamente en la línea.
- La fecha de instalación.
- Los tipos de conexión válidos, conforme a las normas; Anticaídas móvil sobre soporte de seguro flexible, anticaídas con recogida automática, absorbedor de energía.
- El valor de la altura libre mínima necesaria teniendo en cuenta la flecha y la unión preconizada.

Por lo que se refiere al marcado CE, este sistema no dispone de él, aunque el sistema anticaídas que se utilice si tiene que llevarlo. Para garantizar la seguridad de estos productos se debe cumplir con el Real Decreto 1801/2003 sobre Seguridad General de los Productos.

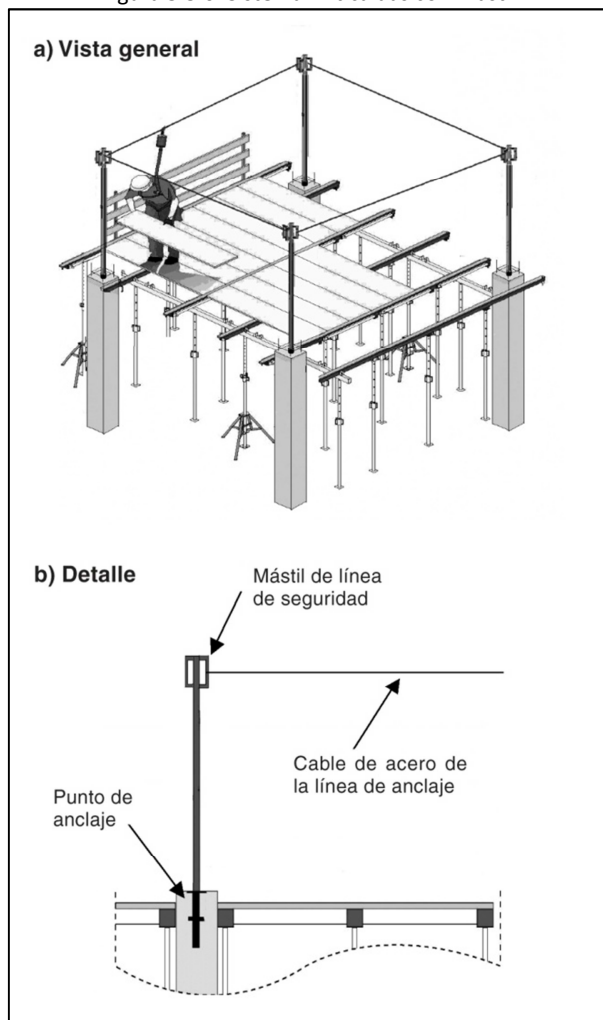
### **3.3. Sistema Anticaídas con Mástiles.**

Es una estructura metálica en forma de “I”, que colocada en la cabeza de un pilar de hormigón sirve junto con el cable de acero como anclaje para que un operario, equipado con un arnés, pueda trabajar de forma segura. El sistema es una solución preventiva, pues la caída no llega a producirse.

Este sistema, al igual que el anterior, es especialmente útil en perímetros. Su utilización permite realizar con seguridad las operaciones de colocación de tableros de encofrado, barandillas de seguridad, redes de seguridad, tabicas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el encofrado, en las que exista riesgo de caída en altura. El sistema se puede utilizar con cualquier tipo de arnés, eslinga, y anticaídas (según norma UNE-EN 795 clase

A1 y A2), siempre y cuando lleven el marcado CE, y cumplan con las normativas vigentes de seguridad. Todos los elementos deben pasar los ensayos correspondientes, que avalen su eficacia y seguridad.

Figura 5.3.6. Sistema Anticaídas con Mástil.



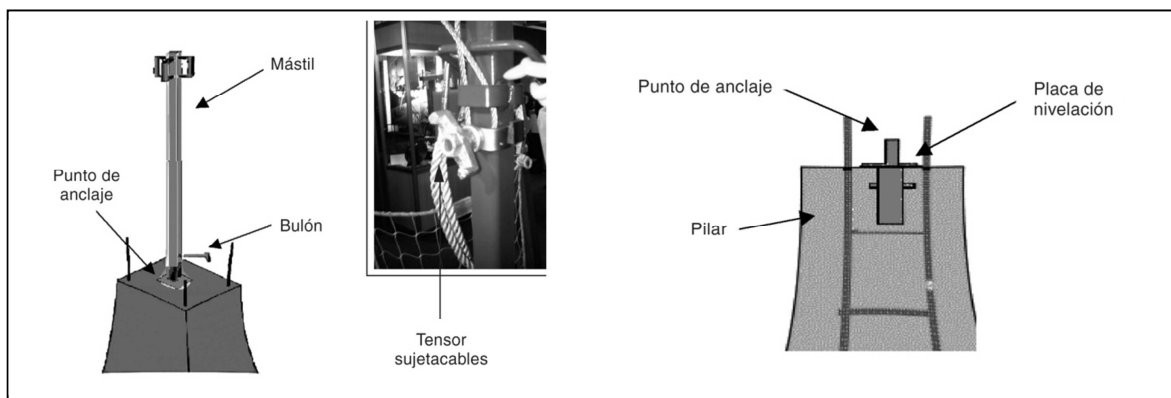
Fuente: INSHT. NTP 816.

Este sistema está constituido por los siguientes elementos:

- Punto de anclaje: Elemento metálico que se introduce en el pilar una vez hormigonado y sirve de anclaje al mástil. Este dispositivo dispone de una placa para nivelar el anclaje y evitar que gire sobre sí mismo.
- Mástil: elemento vertical de acero que sirve para alojamiento del cable que actuará como línea de vida.
- Bulón de seguridad: Elemento metálico que sirve para sujetar el anclaje y el mástil.

- Línea de vida: cable metálico que pasará por todos los mástiles y actuará como línea de anclaje.
- Tensor sujetacables: Ubicado en la mitad del mástil servirá para tensar el cable.

Figura 5.3.7. Detalles del Sistema Anticaídas con Mástil.



Fuente: INSHT. NTP 816.

### 3.3.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.

El procedimiento de montaje consiste en la realización de las siguientes operaciones.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el montaje del sistema.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema.
Insertar el anclaje en los pilares de hormigón.	Estudio y decisión de los pilares en los que se van a colocar los anclajes. Los anclajes se tienen que colocar con una luz máxima entre pilares de 10 metros. Inmediatamente después de hormigonar los pilares y centrado en la cabeza de los mismos, se coloca el punto de anclaje, hasta la placa de nivelación que tiene en la cabeza el punto de anclaje.
Colocación del mástil.	No colocarlo antes de que el hormigón haya alcanzado una resistencia de $40 \text{ Kg/cm}^2$ (15% de su resistencia) El mástil se colocará manualmente introduciéndolo en el punto de anclaje y pasando el bulón de seguridad.

Instalación del cable.	El cable a utilizar debe ser de acero con una sección mínima de 8 mm. El cable se pasa por el estribo superior y se tensa con el tensor ubicado en la mitad del mástil. Una vez pasado el cable por el tensor, con la ayuda de un martillo, se debe fijar el tensor. Si el operario ya disponía de arnés de seguridad sustituirá el dispositivo al que está sujeto por el nuevo sistema.
Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.

El desmontado del sistema consistirá básicamente en retirar los cuerpos una vez se ha encofrado la totalidad del encofrado y ha desaparecido el riesgo de caídas de altura.

### 3.3.2. Mantenimiento y almacenamiento.

Antes de su uso el sistema requiere revisar el estado de los mástiles, retráctil, el arnés y la eslinga, verificando que no tengan cortes importantes ni deshilachaduras y que estén todos los componentes. En el caso del retráctil, éste debe bloquear al tirar la cinta con un golpe seco y además debe enrollarse y desenrollarse normalmente en toda su longitud.

### 3.3.3. Marcado.

El sistema de marcado es el mismo que se ha indicado en el apartado anterior, ya que este sistema es considerado como un dispositivo de anclaje A1 y A2.

## 3.4. Sistema Anticaídas de líneas de vida y bloque retráctil Anticaídas en Pilares.

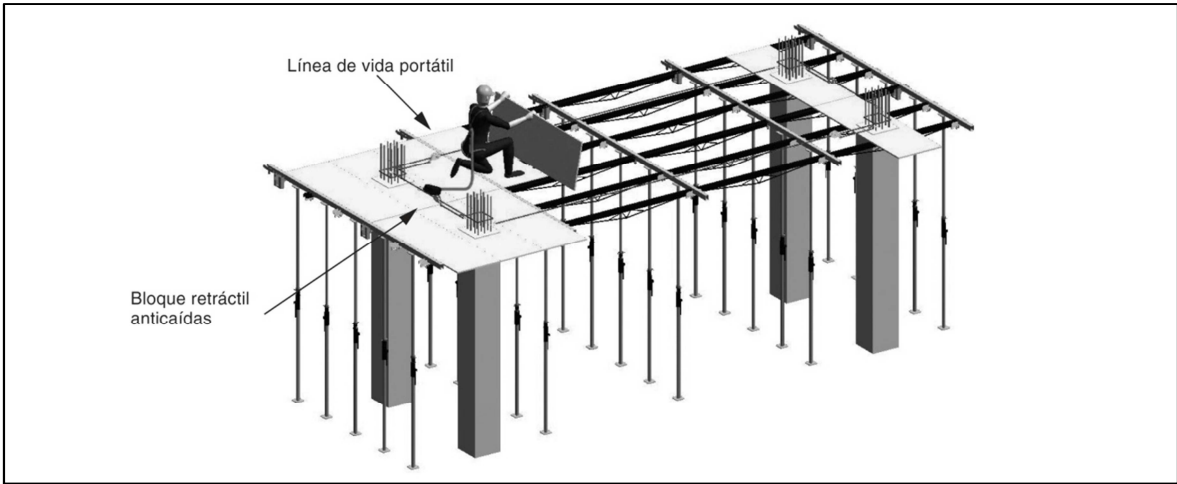
Es un sistema de líneas de vida horizontal portátiles, que colocadas en la ferralla de la cabeza de un pilar de hormigón, conectado junto con el bloque retráctil anticaídas sirve como anclaje para que un operario, equipado con un arnés, pueda trabajar de forma segura. El sistema es una solución preventiva, pues la caída no llega a producirse al retener el bloque retráctil anticaídas al operario.

Es un sistema preventivo, especialmente útil en perímetros y montaje de tableros, paneles y barandillas en encofrados horizontales. Su utilización permite realizar con seguridad las

operaciones de colocación de: tableros de encofrado, barandillas de seguridad, redes de seguridad, tabicas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el encofrado, en las que exista riesgo de caída en altura.

El sistema se puede utilizar con cualquier tipo de arnés, línea de anclaje horizontal portátil (según UNE EN 795 Clase C) y bloque retráctil anticaídas siempre y cuando lleven el marcado CE, y cumplan con las normativas vigentes de seguridad. Todos los elementos deben pasar los ensayos correspondientes, que avalen su eficacia y seguridad.

Figura 5.3.8. Sistema Anticaídas mediante líneas de vida y bloque retráctil.



Fuente: INSHT. NTP 816.

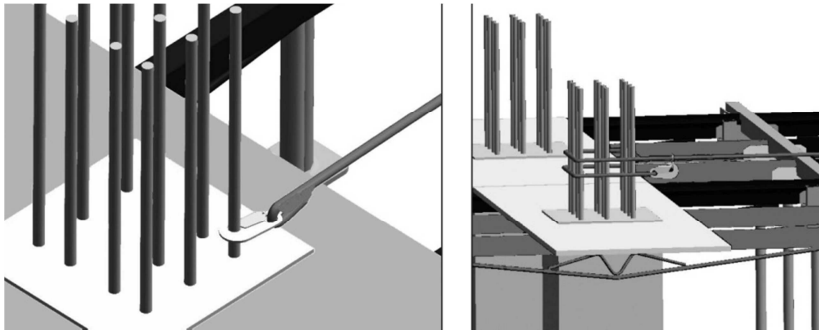
Este sistema está constituido por una línea de vida portátil y un bloque retráctil anticaídas, conceptos ambos ya definidos en apartados anteriores.

**3.4.1. Procedimiento de Montaje y Desmontaje.**

Por lo que respecta a su procedimiento de montaje este se puede dividir en las siguientes etapas de trabajo.

FASE DE MONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI) y de los medios auxiliares.	Los trabajadores deberán estar dotados de los EPI necesarios en una obra de construcción, durante todo el proceso de montaje del sistema. Los medios auxiliares (torra móvil) utilizados deberán estar normalizados.



Arriostramiento del encofrado.	Realizar los remates del encofrado que están junto a los pilares, desde la planta baja con una torre móvil.
Amarre al primer pilar de la línea de vida.	<p>Con la ayuda de una torre móvil subir la línea de vida al pilar (se puede amarrar enrollando el extremo de la línea de vida al pilar realizando al menos una vuelta muerta y conectando el mosquetón sobre la línea de vida, o bien si el pilar cuenta con un punto de anclaje que pueda soportar los esfuerzos (anclaje o ferralla) conectar el mosquetón directamente a este punto, o bien abrazar el pilar con las cinchas de cinta y fijarla a la línea de vida mediante el conector).</p> <p>Tirar el otro extremo de la línea de vida por encima de la estructura del encofrado hasta el pilar donde se va a fijar el otro extremo de la línea de vida.</p> <p>La resistencia estática de los puntos de anclaje debe ser superior a 15 KN.</p>
 <p>Fuente: INSHT. NTP 816.</p>	
Amarre al siguiente pilar.	<p>Con la ayuda de la torre móvil coger el extremo de la línea de vida que se ha lanzado en el paso anterior.</p> <p>Amarrar el otro extremo de la línea de vida al pilar (enrollar el extremo de la línea de vida al pilar realizando al menos una vuelta muerta y conectar el mosquetón sobre la línea de vida, o bien si el pilar cuenta con un punto de anclaje que pueda soportar los esfuerzos (anclaje o ferralla) conectar el mosquetón directamente a este punto, o bien abrazar el pilar con las cinchas de cinta y fijarla a la línea de vida mediante conector).</p> <p>La longitud de la línea de vida es variable hasta un máximo recomendable de 20 m., sin punto intermedio y sin ningún viraje.</p>
Tensado de la línea de vida.	<p>Tensar la línea de vida con el tensor de carraca, haciendo el máximo de fuerza y dejando la línea de vida bien tensa.</p> <p>Se puede repetir el paso anterior hasta formar una cuadrícula de líneas de vida o bien hacer una línea de líneas de vida, desde las cuales se aborde el mayor área de protección posible.</p>
Amarre del arnés al bloque retráctil anticaídas.	Con la ayuda de la torre móvil se sube al encofrado en la zona del pilar donde se encuentre la línea de vida y se amarra el arnés al bloque retráctil anticaídas y éste a la línea de vida.

Comprobación del montaje del sistema.	Una vez montado el sistema el encargado deberá comprobar que se ha colocado según la normativa, plan de seguridad y las instrucciones del fabricante, para que la certificación de éste sea efectiva.
---------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Una vez el equipo ya no es necesario se procederá a su desmontaje de la siguiente forma.

FASE DESMONTAJE.	
ETAPAS DE TRABAJO.	PUNTOS CLAVE DE SEGURIDAD.
Montaje y colocación de los equipos de protección individuales (EPI), específicos para el desmontaje del sistema.	Los trabajadores deberán estar dotados de <b>EPI contra caídas de altura</b> sujeto a puntos fijos y seguros, además del resto de EPI obligatorios en una obra de construcción, durante todo el proceso de desmontaje del sistema.
Este desmontaje se realizará en orden inverso al del montaje y de forma ordenada.	El desmontaje del sistema no se realizará hasta que en la zona protegida no se impida de alguna forma segura la posible caída de altura, bien por la utilización de otra protección colectiva o por la ejecución total de algún elemento constructivo.
Desmontaje del equipo de protección individual.	Una vez se termine el trabajo de montaje del sistema de protección de borde y los trabajadores se encuentren en un lugar sin riesgo de caída de altura, estos podrán soltarse del <b>EPI contra caídas de altura</b> y del cabo de anclaje. Los operarios deberán seguir llevando el resto de EPI obligatorios en una obra de construcción.

### 3.4.2. Mantenimiento y almacenamiento.

No utilizar el absorbedor de energía en estas instalaciones compuestas de la línea de vida y/o bloque retráctil anticaídas. Antes de su uso el sistema requiere revisar el estado de las líneas de vida, bloque retráctil anticaídas, el arnés y los conectores.

- Que no tengan cortes importantes ni deshilachaduras y que estén todos los componentes.
- En el caso del retráctil, éste debe bloquear al tirar la cinta o cable con un golpe seco y además debe enrollarse y desenrollarse normalmente en toda su longitud.

### 3.4.3. Marcado.

El marcado será el mismo que se ha descrito en los dos sistemas anteriores, ya que en este caso también es considerado un dispositivo de anclaje de la clase C.

#### 4. Comentarios sobre el Capítulo.

En este capítulo se han analizado todos los sistemas que normalmente se pueden encontrar en el mercado y que de una forma u otra, se pueden emplear como medidas de protección contra las caídas de altura durante los trabajos de encofrado y desencofrado de un elemento horizontal de una estructura en edificación.

En la introducción del capítulo se determinó que las medidas de protección se realizan con carácter previo a que se materialice el riesgo, siendo su objetivo actuar sobre las posibles consecuencias que pueden producirse, reduciéndolas o incluso eliminándolas en algunos casos. Esto quiere decir, que con este tipo de medidas el riesgo se produce, en este caso riesgo de caer desde una altura superior a los 2 m, y lo que se ve reducido o en algún caso eliminado sería la consecuencia, siendo una de ellas las posibles lesiones corporales de mayor o menor gravedad, que podría tener el trabajador. Aunque como se ha visto, a lo largo de este capítulo, determinadas medidas de protección actúan más bien, como sistemas de prevención ya que se puede decir que eliminan o disminuyen el riesgo en su origen, es decir eliminan o disminuyen la posibilidad de que se produzca el riesgo de caer de altura. Evidentemente ante cualquier trabajo que se pueda desarrollar en una obra de construcción o en cualquier otro lugar de trabajo será mucho mejor aplicar medidas encaminadas a eliminar el riesgo que a reducir o eliminar su consecuencia.

Realizada esta apreciación, las medidas estudiadas en este capítulo se han dividido en medidas de protección colectiva y medidas de protección individuales. Las primeras protegen a los trabajadores de forma colectiva y la segunda de forma individual.

Dentro de las medidas de protección colectiva se han estudiado los sistemas provisionales de protección de borde, más concretamente las barandillas, las redes de seguridad tipo V, T y U, las redes bajo forjado, los andamios perimetrales de protección de componentes prefabricado y las líneas de vida o anclaje cuando están diseñadas para que se ancle a ella más de un operario. De este análisis se desprenden varias circunstancias:

- Todos los sistemas de protección que se han visto necesitan para su montaje un **equipo de protección individual contra las caídas de altura**, a excepción de las redes

bajo forjado, que no la necesitarán siempre y cuando la planta de trabajo y los medios auxiliares que se utilicen dispongan de un **sistema provisional de protección de borde** o **barandilla de protección**.

- Todas los sistemas de redes de seguridad deben ir complementados con una **barandilla de protección** a excepción del sistema U cuando actúa como **sistema de protección de borde**. Ya que las redes de seguridad no impiden la caída sino que la atenúan.
- Con los sistemas de redes de seguridad V y T no se pueden resolver los riesgos de caída de altura durante la ejecución del encofrado de la primera planta, por lo que en este primer momento se tienen que utilizar un **sistema provisional de protección de borde** (barandilla o andamio de protección) o si no se puede emplear la protección colectiva una protección individual.
- Los sistemas provisionales de protección de borde que se han visto en este trabajo son las **barandillas de protección**, los **andamios perimetrales de protección** y las **redes de seguridad tipo U**, cuando dispone de unos elementos que actúan como barandilla principal. Estos elementos sí que evitan la caída de altura.
- Las redes bajo forjado son sistemas que protegen de la caída de altura, entre los elementos que forman la estructura de los encofrados, pero no protegen de las caídas de altura por los bordes del encofrado, por lo que se deben complementar en este caso con un **EPI anticaídas de altura** o con una **línea de vida**. Este sistema no impide la caída de altura al forjado inferior únicamente la limita.
- Las líneas de vida que puede ser considerada un EPI o una medida de protección colectiva, en función de los trabajadores que se sujeten a ella, evitara o limitarán la caída en función de los elementos con los que cuente el sistema anticaídas utilizado, que si es un EPI.
- El andamio perimetral de protección de componentes prefabricados es el sistema de protección que garantiza una mayor seguridad, ya que se va montando conforme aumenta la altura de la estructura y no se desmonta hasta que no ha finalizado por completo.

De los equipos de protección individual contra caídas de altura que se han visto en este trabajo, se debe diferenciar lo que es el sistema anticaídas propiamente dicho y los elementos que lo componen, del resto de sistemas que se han visto y que fundamentalmente consisten en un sistema anticaídas junto con otro elemento que aumenta la protección del equipo individual.

Estas protecciones son los sistemas anticaídas de perchas, los sistemas anticaídas con mástil y los sistemas anticaídas de línea de vida y bloque retráctil anticaídas en los pilares. Del análisis de todos ellos se han obtenido las siguientes consideraciones:

- Un sistema anticaídas sin ningún otro componente que mejore su capacidad únicamente limita la caída de altura del trabajador.
- El resto de sistemas vistos en este trabajo y considerados EPI evitan que el trabajador caiga mientras desarrolla su trabajo.

Por lo tanto, después de haber sido estudiados todos estos sistemas de protección y de haber sido analizados más detalladamente en este apartado, se puede decir que los elementos de protección que eliminan el riesgo de caída de altura por el borde del forjado, son los **sistemas provisionales de protección de borde** tanto si están compuestos por barandillas en cualquiera de sus formas o andamios de protección. Aunque evidentemente por su situación en una obra de construcción será necesario un **EPI contra caídas de altura** durante su montaje.

Por otro lado, los elementos de protección que mejor eliminan el riesgo de caída de altura a través de la estructura del encofrado son cualquiera de los tres tipos de **sistemas anticaídas** vistos en este trabajo (sistemas anticaídas de perchas, sistemas anticaídas con mástil y sistemas anticaídas de línea de vida y bloque retráctil anticaídas en los pilares). Otro elemento que también sería apropiado, aunque en este caso no elimina el riesgo sino que lo disminuye, son las **redes bajo forjado**, aunque necesitan de la utilización de un **EPI contra caídas de altura** para el montaje de los tableros que se encuentran en el borde de los encofrados.

Tras este análisis se puede afirmar que el elemento fundamental que no puede faltar en un trabajo de encofrado horizontal es un **EPI contra caídas de altura**. Por lo que respecta al resto de sistemas que se han estudiado, fundamentalmente las redes de seguridad tipo V y T, son elementos que no actúan sobre la eliminación del riesgo, por lo que no garantizan en ningún momento que el trabajador no sufra una lesión, ya que el riesgo se produce por lo que la caída también, siendo en muchos casos caídas desde una altura que se puede encontrar alrededor de los 6 m y que en muchas ocasiones puede producir lesiones. Hay que recordar que según el artículo 115 de la Ley General de la Seguridad Social un accidente de trabajo es *“toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena”*. Por lo tanto, la utilización únicamente de una red de seguridad no garantiza que no se produzca un accidente de trabajo.

# **CAPÍTULO VI**

## **CONCLUSIONES**

Este trabajo ha comenzado analizando la legislación que actualmente existe directamente relacionado con los sistemas de encofrado horizontal, observando que es bastante escasa por no decir prácticamente inexistente. Esto lleva por lo tanto, a que las instrucciones de los fabricantes resulten fundamentales a la hora de realizar trabajos con cualquier tipo de encofrados. Dentro de la legislación, también se ha estudiado la que tiene relación con la Prevención de Riesgos Laborales. De este análisis, se desprenden varios datos:

- Un sistema de encofrado puede ser considerado un equipo de trabajo, por lo que se entiende que los operarios que desarrollen sus labores en cualquier zona situada en el interior o alrededor de un sistema de encofrado, se encontrarán en una zona peligrosa.
- Los trabajos en un encofrado implica un riesgo especial para la seguridad y salud de los operarios, ya que supone un riesgo de caída de altura, por desarrollarse los trabajos a más de 2 m de altura.
- Cuando existen riesgos de caída de altura será obligatorio la existencia de medidas de protección colectiva. En la legislación exactamente se especifica que serán barandillas u otros sistemas de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Cuando por la naturaleza del trabajo realizado en altura, existan riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores que no puedan evitarse o eliminarse mediante un sistema de protección colectiva o procedimientos de organización del trabajo, deberán utilizarse un equipo de protección individual. Por ello la legislación, antepone la utilización de medidas de protección colectiva a las individuales.

De la información que aporta la legislación en materia de prevención, se puede extraer fundamentalmente que el legislador apuesta como medio de protección colectiva para evitar los riesgos de caída de altura, por las barandillas o como se ha visto en este trabajo los **Sistemas Provisionales de Protección de Borde**.

A continuación se han analizado los diferentes tipos de forjado o elementos horizontales que se pueden encontrar en una estructura de hormigón armado en edificación. Con este estudio se ha podido comprobar como con los forjados constituidos por elementos prefabricados (losas alveolares, placas nervadas, forjados de chapa colaborante o las prelosas), no es necesario realizar el encofrado ya que estos elementos actúan como encofrados perdidos, por lo que el riesgo de

caída de altura durante el montaje y desmontaje de los encofrados desaparece junto con el resto de riesgo que puedan existir durante estos trabajos. Por lo que evidentemente, siempre que sea posible la utilización de estos forjados será preferible a la utilización de forjados parcialmente prefabricados o in situ. Por lo tanto, en este primer capítulo se obtiene la primera conclusión del trabajo, la utilización de un forjado prefabricado contribuye a mejorar la prevención de riesgos laborales en una obra de edificación.

En el siguiente capítulo se han enumerado los diferentes sistemas de encofrado de elementos horizontales que se pueden encontrar en la actualidad, analizando los elementos que los componen y sus procedimientos de montaje y desmontaje, donde se han podido obtener, en un primer momento, los sistemas de protección que deben utilizarse.

Del análisis de los sistemas de encofrado y de sus apeos, se ha podido obtener los sistemas de protección que necesitan los trabajadores para que estén protegidos durante los trabajos de montaje y desmontaje, siendo estos los siguientes:

- Para comenzar los trabajos de encofrado, se necesita un **Sistema Provisional de Protección de Borde** en la planta donde se efectuará el montaje, siempre y cuando ésta se encuentre a una altura superior a 2 m.
- El montaje de la estructura portante del encofrado se realizará con la ayuda de elementos específicos o algún medio auxiliar, que por supuesto debe tener su correspondientes **Sistema Provisional de Protección de Borde**, por ejemplo una torre móvil.
- Una vez montada la estructura del encofrado se deben comenzar a montar los tableros y para ello será necesario una **red bajo forjado**, un **EPI contra caídas de altura** o un medio auxiliar con un sistema provisional de borde. Todo esto en función del sistema de encofrado elegido.
- Por último, una vez colocados los tableros se necesitará un **Sistema Provisional de Protección de Borde** para proteger a los operarios de los trabajos posteriores que se desarrollen en la superficie encofrada.

Con la utilización de algunos de los sistemas de encofrado que se han estudiado en este trabajo se reducen bastante los riesgos de caída en altura, ya que en su propia estructura o en sus procedimientos de montaje incorporan las medidas de protección. De hecho, con los encofrados



de mesa autoportante, que se montan en un lugar seguro de la obra o en taller y que incorporan las barandillas, se puede decir que prácticamente no se necesita ningún otro tipo de protección, a excepción de los EPI que se necesitarían para terminar los remates.

Otros encofrados como los de seguridad integrada, que se encuentran en el mercado de dos formas, una con el tablero incorporado y otra con una estructura portante que hace las funciones de red bajo forjado, hacen que se consiga disminuir sobre todo la utilización de equipos de protección colectiva como pueden ser las redes bajo forjado o los EPI contra caídas de altura.

Con el resto de sistemas que se han estudiado no se consigue reducir los sistemas de protección colectiva o individual a utilizar, ya que son sistemas muy similares y practicante tienen los mismos riesgos.

Para los trabajos con los sistemas de apeo, especialmente las torres de cimbra, lo que se necesita fundamentalmente es un **EPI contra caídas de altura**, aunque existe un sistema que hace que la torre se monte tumbada en un lugar seguro y posteriormente se coloque en su ubicación definitiva con un medio auxiliar de elevación (grúa torre).

Como conclusión se obtiene que siempre que se tenga que utilizar un apeo por cimbra es conveniente utilizar una que se pueda montar y desmontar de forma tumbada, ya que elimina prácticamente todos los riesgos de caída de altura durante sus trabajos. En cuanto a los sistemas de encofrado conviene utilizar o una mesa de encofrado autoportante o un sistema de encofrado con seguridad integral ya que necesitan menos sistemas de protección porque la mayoría ya los traen incorporados.

El inconveniente que se presenta con estos sistemas de encofrado, es que su utilización no es factible en todas las obras de edificación, ya que representan un tipo de encofrado modular que normalmente sólo es rentable utilizar en grandes obras donde la superficie suele ser regular y repetitiva. Por lo que en la mayoría de casos, se utilizan los otros tres tipos de sistema de encofrado, sobre todo el tipo mecano que es un sistema muy extendido en el sector sobre todo en obras de edificación residencial, por su gran facilidad de montaje y por ser adaptable a cualquier superficie. Lo que lleva a pensar, que si de momento no existe ningún tipo de encofrado adaptable a la gran mayoría de estructuras de hormigón armado en edificación, que eliminen con su utilización la práctica totalidad de riesgos de caída en altura durante sus trabajos de montaje y

desmontaje, será necesario planificar desde el primer momento, los sistemas de protección más convenientes a utilizar.

Para ello, se han analizado todos los sistemas de protección que se pueden utilizar, tanto los que se usan de forma colectiva, como los empleados de forma individual. Lo primero que se ve al analizar los sistemas de montaje y desmontaje de las medidas de protección colectiva, es que todos necesitan durante estas operaciones un **EPI contra caídas de altura**, a excepción de las redes bajo forjado. También se aprecia que las redes de seguridad sobre todo las tipos V y T, deben de complementarse con un **Sistema Provisional de Protección de Borde**, ya que son sistemas que no eliminan el riesgo de caída de altura, sino que disminuyen su consecuencia y como se ha visto en este trabajo disminuir las consecuencias no significa que no se vayan a producir accidentes de trabajo.

Por lo tanto, se puede decir que el sistema más eficaz que se debe utilizar como protección de los operarios durante los trabajos realizados con encofrados horizontales en edificación, son los **Sistemas Provisionales de Protección de Borde** junto con los **EPI contra caídas de altura** y las **redes bajo forjado**. Algo que no debería producir mucha sorpresa ya que el propio legislador, como se ha apuntado al inicio de este capítulo, indica como sistemas de protección contra caídas de altura, la utilización de barandillas.

Teniendo en cuenta que los sistemas provisionales de protección de borde son los más efectivos para disminuir los riesgos de caídas de altura, se puede decir, después de haber sido analizados todos los sistemas de protección de borde, que el elemento que proporciona una mayor protección contra los riesgos de caída de altura durante los trabajos de encofrado, por el borde del forjado, son los **andamios perimetrales de protección de borde**, ya que son elementos que actúan como una piel alrededor de la estructura, que además se pueden ir montando al mismo tiempo que va creciendo en altura el edificio, sin tener que estar continuamente montando y desmontando elementos, como puede ocurrir con las barandillas de protección que aunque proporcionan una protección similar a la del andamio, el riesgo se ve incrementado por los continuos montajes y desmontajes que se tienen que realizar con este sistema. Además también se ha de tener en cuenta, que los andamios son elementos que pueden servir de protección, no solo durante los trabajos de encofrado y ejecución del resto de la obra, sino que pueden permanecer protegiendo todos los trabajos que se desarrollen con posterioridad, es decir sirven como elementos de protección durante toda la obra de edificación. Por lo que son los

elementos más eficaces, para neutralizar los riesgos de caídas de personas y de caídas de materiales a niveles inferiores por el borde de los forjados, durante prácticamente todas las fases de una obra de edificación.

El inconveniente que tiene el empleo de este sistema, con independencia de su coste que evidentemente es mayor que el proporcionado por la utilización de unas barandillas, es que su utilización se debe plantear no sólo para una única fase de la ejecución de una obra de edificación, como puede ser en este caso la estructura, sino que se debe planificar para su utilización durante la totalidad de la obra. En este punto hay que diferenciar dos tipos de obra de edificación en función del tipo de contratación. El primero constituido por las grandes obras tanto públicas como privadas donde existe una vigilancia y control de todas las subcontratas, donde existe una organización jerárquica en la que hay un jefe de obra y un encargado a pie de obra, que controlan a esas subcontratas y donde existe una empresa contratista principal que normalmente es la que instala sus protecciones colectivas. Como contraposición a éstas, existen las obras privadas, normalmente residenciales donde es el promotor el que contrata directamente a cada empresa contratista de una forma independiente, llevando a que exista una menor organización en la obra, que origina que cada contratista instale y retire sus protecciones. Lo que lleva al gran problema de utilizar estos andamios de protección en este tipo de obras, ya que el tipo de contratación impide normalmente que se puedan utilizar estos elementos, porque ningún contratista deja en la obra sus elementos de protección para que los utilice otro. Por lo tanto, como alternativa a la utilización de un andamio perimetral de protección de borde estarían las barandillas de protección que aun sin ser tan eficaces como lo son los andamios son más efectivas que la utilización simplemente de redes de seguridad.

De este modo se puede decir, que en una obra de edificación, tanto grande como pequeña, tanto pública como privada, conviene utilizar durante los trabajos de encofrado un andamio perimetral de protección de borde. En el caso de obras pequeñas o medianas, donde es más difícil su utilización por el modo de contratación, se debe fomentar por parte de todos los agentes implicados sobre todo los directamente relacionados con la prevención de riesgos laborales (servicios de prevención, coordinador de seguridad, etc.) la utilización de estos elementos. Estas indicaciones deben ir dirigidas no solo a las empresas contratistas, sino que en muchas ocasiones es necesario que la propiedad este totalmente involucrada en la mejor protección de los trabajadores. Solamente, en el caso de ser técnica y económicamente inviable la utilización de andamios perimetrales de protección, será cuando se propondrá la utilización de las barandillas.

Por otro lado, la forma más adecuada de eliminar el riesgo de caída de altura durante el proceso de montaje de los tableros del encofrado, sería mediante la ejecución de estos trabajos desde la planta inferior, con la ayuda de un medio auxiliar equipado con sus protecciones correspondientes, por ejemplo una torre móvil. Pero esto en muchas ocasiones es una utopía debido a la gran cantidad de elementos de apeo (puntales, cimbras) que existen y a la estructura portante del encofrado que hacen prácticamente imposible que la torre móvil se pueda desplazar por la planta de trabajo. Por lo que en la gran mayoría de ocasiones, es necesario proceder al montaje del encofrado desde la misma planta del encofrado, siendo en este caso, el sistema más efectivo para eliminar los riesgos de caída de altura a través de la estructura del forjado, durante el proceso de montaje de los tableros, uno de los sistemas anticaídas estudiados en este trabajo, ya que son elementos que impiden la caída de altura de los trabajadores.

En este caso, para seguir cumpliendo con la legislación, la cual indica que se deben anteponer las medidas de protección colectiva a las de protección individual sería conveniente la utilización de un sistema anticaídas de línea de vida y bloque retráctil, donde la línea de vida o anclaje esté dimensionada para más de un operario, de este modo se consigue eliminar el riesgo y utilizar una medida de protección colectiva.

Como en los anteriores casos existen inconvenientes, esta vez relacionado con la no utilización de estos sistemas por parte de los trabajadores. Situación que debe solventarse con la formación e información de los trabajadores y con el control de las medidas de prevención de riesgos laborales, que el empresario debe realizar.

En el caso de no ser adecuada la utilización de este sistema anticaídas, se puede utilizar las redes bajo forjado, que aunque son elementos que no eliminan el riesgo ya que la caída se produce, también es cierto que esta caída no es tan grande como la que se puede producir por ejemplo con una red tipo horca, donde la caída más pequeña puede ser de unos 3 m. El inconveniente es que utilizar este tipo de redes, no elimina el tener que utilizar un EPI contra caídas de altura, ya que para colocar los tableros del borde del forjado se debe utilizar un EPI de este tipo.

Por lo tanto se puede decir para concluir, que aunque todos los sistemas que se han visto tienen algún que otro inconveniente, las medidas de protección más adecuadas para aplicar

durante los trabajos de montaje y desmontaje de un encofrado horizontal en una estructura de hormigón armado en edificación, para eliminar o disminuir el riesgo de caída en altura, es la utilización de las siguientes protecciones:

- Andamios perimetrales de protección de borde y si no es posible por alguna razón barandillas de protección.
- EPI contra caída de altura para el montaje y desmontaje del andamio o las barandillas.
- Para el montaje de los tableros del forjado un sistema anticaídas de línea de vida dimensionado para más de un trabajador y bloque retráctil anticaídas en pilares. En el caso de no poder utilizarse se colocaría una red bajo forjado, combinado con un EPI contra caídas de altura para la instalación de los tableros de los bordes. Aunque en este caso siempre será mejor, que se pudiera realizar el encofrado desde la planta inferior con un medio auxiliar con las debidas protecciones.

## **CAPÍTULO VII**

### **FUENTES BIBLIOGRÁFICAS**

## 1. LIBROS.

- Serralta González, Pedro (2.011). **Encargado de obra. Parte Común. Encofrados y Entibaciones.** Madrid. Edita Tornapunta Ediciones, S.L.U.
- Ricouard, M. J. (1.980). **Encofrados. Cálculo y Aplicaciones en Edificación y Obras Civiles.** (Barcelona).Editores Técnicos Asociados, S.A.
- Rodríguez Martín, Luis Felipe (1.986). **Estructuras Varias: Forjados.** Madrid. Edita Fundación Escuela de la Edificación.
- Urbán Brotóns, Pascual (2.007). **Construcción de Estructuras de Hormigón Armado. Adaptado a las Instrucciones EHE, EFHE, NCSC-02 y CTE.** Alicante. Editorial Club Universitario.

## 2. PUBLICACIONES.

- Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural. ACHE (2.011). **Monografía 17. Recomendaciones relativas a Seguridad y Salud para la ejecución de Estructuras de Hormigón. Puentes y Estructuras de Edificación Convencional.** Madrid. Edita ACHE.
- Cimbra. Empresa de Andamiajes S.L. (2.010). **Manual de Instrucciones para el Montaje del Andamio Europeo "CK".** El Puig (Valencia).
- Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de la Región de Murcia. COAATMU (2.005). **Revista COAATMU Nº 31.** Murcia. Edita COAATMU.
- Doka España Encofrados S.A. **Catálogos de Productos DOKA.**
- Encofrado J. Alsina, S.A. **Catálogos de Productos Alsina.**
- MEVA Schalungs-Systeme GmbH. **Catálogos de Productos MEVA.**
- PERI S.A.U España. **Catálogos de Productos PERI.**
- RMD Kwikform Ibérica S.A. **Catálogos de Productos RMD.**
- ULMA C y E, S. Coop. **Catálogos de Productos ULMA.**

## 3. LEGISLACIÓN.

- Gobierno de España. Ministerio de Fomento (2.008). **Instrucción del Hormigón Estructural EHE-08.** Madrid. Edita Centro de Publicaciones.

#### 4. NORMAS.

- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.002). **UNE-EN 353-1:2002 Equipos de Protección individual contra caídas de altura. Parte 1 dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígidas.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.002). **UNE-EN 353-1:2002 Equipos de Protección individual contra caídas de altura. Parte 1 dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexibles.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.011). **UNE-EN 354:2011. Equipo de Protección individual contra caídas de altura. Equipos de Amarre.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.002). **UNE-EN 355:2002. Equipo de Protección individual contra caídas de altura. Absorbedores de Energía.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.000). **UNE-EN 358:2000. Equipo de Protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas. Cinturones para sujeción y retención y componentes de amarre de sujeción.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.002). **UNE-EN 361:2002. Equipo de Protección individual contra caídas de altura. Arnés Anticaídas.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.009). **UNE-EN 363:2009. Equipo de Protección individual contra caídas de altura. Sistema de Protección Individual contra caídas.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.004). **UNE-EN 1263:2004. Redes de Seguridad. Parte 1: Requisitos de seguridad, métodos de ensayo.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.004). **UNE-EN 1263:2004. Redes de Seguridad. Parte 2: Requisitos de seguridad para los límites de instalación.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.005). **UNE-EN 12810-1:2005. Andamios de fachada de componentes prefabricados. Parte 1: Especificaciones de los productos.** Madrid.



- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.005). **UNE-EN 12810-1:2005. Andamios de fachada de componentes prefabricados. Parte 2: Métodos particulares de diseño estructural.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.005). **UNE-EN 12811-1:2005. Equipamientos para trabajos temporales en obra. Parte 1: Andamios requisitos de comportamiento y diseño general.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.005). **UNE-EN 12811-2:2005. Equipamientos para trabajos temporales en obra. Parte 2: Información sobre los materiales.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.003). **UNE-EN 12811-3:2003. Equipamientos para trabajos temporales en obra. Parte 3: Ensayo de carga.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.004). **UNE-EN 13374:2004. Sistemas Provisionales de Protección de Borde. Especificaciones del Producto. Métodos de Ensayo.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.013). **UNE 81652:2013. Redes de Seguridad bajo forjado. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.** Madrid.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR (2.005). **UNE-EN 12810-1:2005. Andamios de fachada de componentes prefabricados. Parte 1: Especificaciones de los productos.** Madrid.

## 5. DOCUMENTACIÓN PAGINAS WEB.

- Fundación Laboral de la Construcción. FLC (2.004). **Fichas Técnicas sobre Medios de Protección Colectiva en Edificación.**  
URL:<http://www.fundacionlaboral.org/seguridadysalud/proteccionescolectivas/proyecto/fichas-tecnicas-sobre-medios-de-proteccion-colectiva-en-edificacion>
- Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la Región de Murcia. ISSL (2.012). **Estadística de Siniestralidad Laboral de la Región de Murcia 2.011.** Murcia. Edita ISSL.  
URL:[http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=86129&IDTIPO=60&RASTRO=c724\\$m3722](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=86129&IDTIPO=60&RASTRO=c724$m3722)

- Instituto de Seguridad y Salud Laboral de la Región de Murcia. ISSL (2.012). **Costes Económicos de la Siniestralidad Laboral en la Región de Murcia.**  
URL:[http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=70390&IDTIPO=60&RASTRO=c721\\$m3507,3669](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=70390&IDTIPO=60&RASTRO=c721$m3507,3669)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. INSHT (2.009). **Equipos de protección Individual (EPI). Aspectos Generales sobre su Comercialización Selección y Utilización.** Madrid. Edita INSHT.  
URL:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EPI/carpeta\\_epi.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EPI/carpeta_epi.pdf)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. INSHT. **Colección de Legislación en materia de Prevención de Riesgos Laborales.**  
URL:[http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.4ad57ff5e71385ff212d8185060961ca/?vgnnextoid=ff3cc6b33a9f1110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&x=7&campo=anno\\_inicio&tipo=08c84530db6ea210VgnVCM1000008130110aTAXC&anno=&y=4](http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.4ad57ff5e71385ff212d8185060961ca/?vgnnextoid=ff3cc6b33a9f1110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&x=7&campo=anno_inicio&tipo=08c84530db6ea210VgnVCM1000008130110aTAXC&anno=&y=4)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. INSHT. **Colección de Notas Técnicas de Prevención en Formato Electrónico (NTP).**  
URL:<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnnextoid=db2c46a815c83110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. INSHT. **Siniestralidad Laboral. Periodo enero 2.011 - diciembre 2.011.**  
URL:<http://www.oect.es/Observatorio/3%20Siniestralidad%20laboral%20en%20cifras/Otros%20informes%20de%20siniestralidad%20laboral/Informes%20interanuales%20anteriores/Informe%20siniestralidad%20enero-diciembre%202011.pdf>
- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. OSALAN (2.003). **Guía Práctica de Andamios Tubulares Apoyados.** Bilbao. Edita OSALAN.  
URL:[http://www.osalan.euskadi.net/s94-osa9999/es/contenidos/libro/seguridad\\_200325/es\\_200325/adjuntos/seguridad\\_200325.pdf](http://www.osalan.euskadi.net/s94-osa9999/es/contenidos/libro/seguridad_200325/es_200325/adjuntos/seguridad_200325.pdf)
- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. OSALAN (2.007). **Guía Práctica de Encofrados.** Bilbao. Edita OSALAN.  
URL:[http://www.osalan.euskadi.net/s94osa9999/es/contenidos/libro/seguridad\\_200720/es\\_200720/adjuntos/seguridad\\_200720.pdf](http://www.osalan.euskadi.net/s94osa9999/es/contenidos/libro/seguridad_200720/es_200720/adjuntos/seguridad_200720.pdf)

- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. OSALAN (2.007). **Redes de Seguridad**. Bilbao. Edita OSALAN.  
URL: [http://www.osalan.euskadi.net/s94osa9999/es/contenidos/libro/seguridad\\_200730/es\\_200730/adjuntos/seguridad\\_200730.pdf](http://www.osalan.euskadi.net/s94osa9999/es/contenidos/libro/seguridad_200730/es_200730/adjuntos/seguridad_200730.pdf)
- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales. OSALAN (2.009). **Seguridad Práctica en la Construcción**. Bilbao. Edita OSALAN.  
URL: [http://www.osalan.euskadi.net/contenidos/libro/seguridad\\_200930/es\\_200930/adjuntos/Seguridad\\_practica\\_en\\_la\\_construccion.pdf](http://www.osalan.euskadi.net/contenidos/libro/seguridad_200930/es_200930/adjuntos/Seguridad_practica_en_la_construccion.pdf)
- Ministerio de la Vivienda (1.975). **Norma Tecnológica de la Edificación “Estructuras de Madera: Encofrados” (NTE-EME)**. Madrid.  
URL: <http://www.boe.es/boe/dias/1975/10/04/pdfs/A20993-21000.pdf>
- Miquel López, Laura (2.008). **Estudio Comparativo de Tipologías de Forjados Analizando su coste Económico, Social y Ambiental**. Barcelona. Tesina de la Universitat Politècnica de Catalunya.  
URL: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/5656>